

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados

Foram realizadas vinte e seis simulações as quais consideram variação nos valores dos parâmetros de entrada do modelo quanto na configuração geométrica da superfície de escoamento e no tamanho das partículas. Considerando a ausência de um caso de comparação, escolheu-se uma destas configurações de parâmetros como a configuração padrão para comparação. Estas simulações são feitas com a intenção de avaliar intervalos de validade dos parâmetros assim como a idoneidade da simulação para representar feições e mecanismos das corridas de detritos.

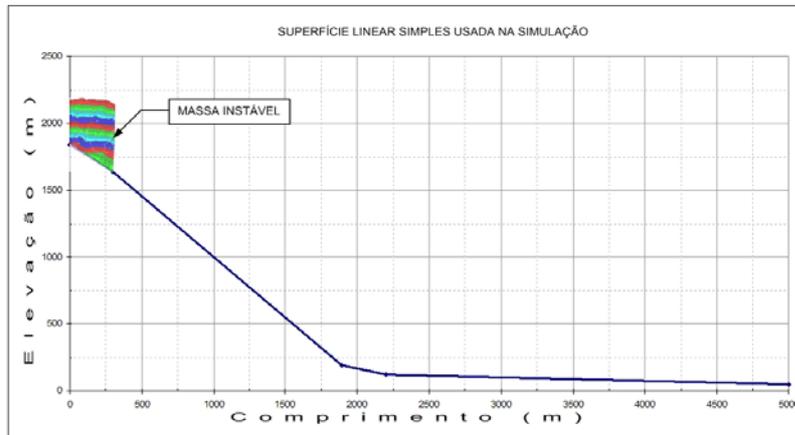
Além destas simulações, foram feitos alguns exemplos de aplicação simulando algumas condições comuns de ocorrência destes fenômenos.

5.1.1 *Condições Padrão*

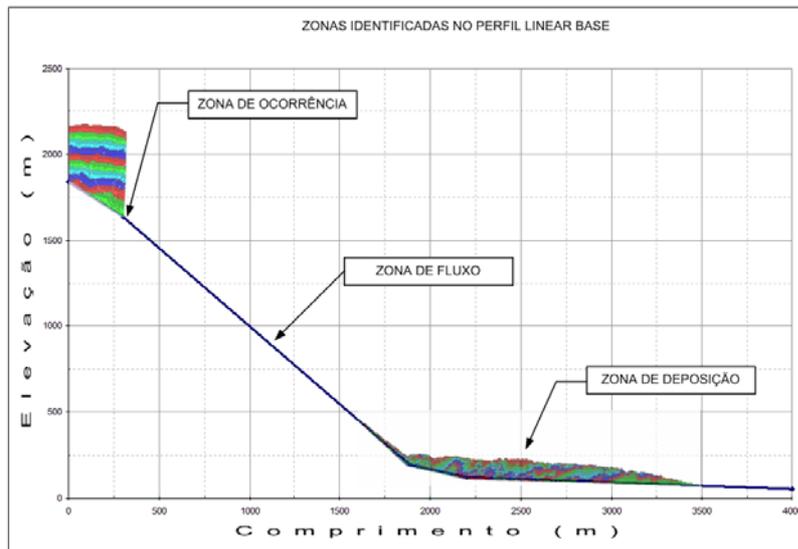
O perfil padrão tem superfície de escoamento linear, escolhido de forma arbitrária, mas seguindo configurações similares às consultadas nas referências bibliográficas. Os parâmetros padrões para os dados de entrada são:

- Razão $K_N/K_T = 1,0$ com $K_N = 1 \times 10^5 \text{ N/m}^*$.
- Densidade de partículas $2,5 \text{ ton/m}^3$.*
- t_{FRAC} de 0,1.
- Coeficiente de atrito $\mu = 0,1$ ($\sim 5,7^\circ$).
- f_T de 300 Hz usando o método de amortecimento local (recomendado para sistemas rígidos).
- 4022 partículas de raio constante de 3 m.

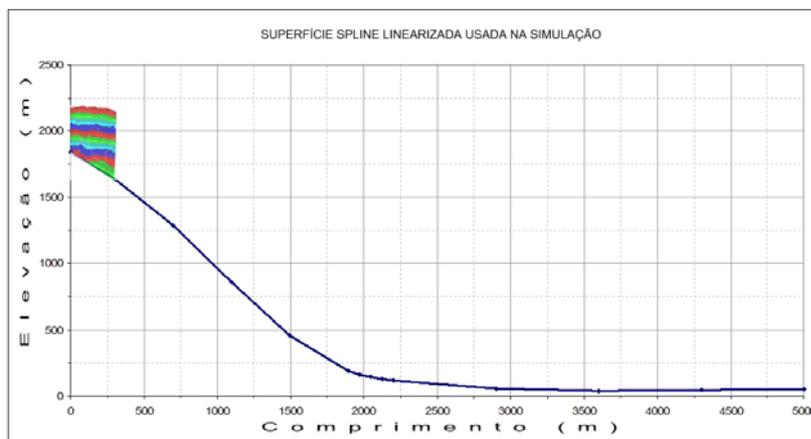
* Estes valores estão proporcionados, pois os valores reais são $1 \times 10^8 \text{ N/m}$ e 2500 N/m^3 .



(a) Perfil linear padrão usado na simulação das diferentes configurações de parâmetros.



(b) Principais feições topográficas simuladas com o perfil padrão.



(c) Perfil spline padrão linearizado a partir de quatro segmentos usado na simulação de corridas.

FIGURA 5.1- Perfis padrões utilizados na avaliação de parâmetros de entrada do programa SAND.

O perfil padrão permite simular as diferentes zonas de ocorrência ^[9] das corridas descritas na secção 2.2.

Mas também, aplicou-se um perfil spline linearizado com 4 segmentos (número de segmentos considerados na interpolação da curva cúbica spline).

A massa instável para todas as configurações é a mesma, isto é que o paramento baixo a massa é o mesmo para o caso linear e spline. O mesmo acontece para o caso de 4022 e 8500 partículas.

Também, simularam-se camadas de material usando diferentes cores para efeitos de avaliar feições como segregação, fluidificação e outras feições taxonômicas de corridas como identificação da cabeça, corpo e cola do fluxo.

5.1.2 Parâmetros em consideração

Em alguns casos puderam-se detectar algumas limitantes conferindo a validade de alguns valores de parâmetros discutidos em trabalhos anteriores ^{[3], [4], [5], [39], [41]}, para serem consideradas em futuras modificações e aplicações do programa. Os parâmetros avaliados foram:

Parâmetro	Símbolo	Intervalo de Variação
Frequência (Amortecimento autolocal)	f_T	50-900 Hz
Coefficiente de amortecimento (Amortecimento autoglobal)	α_c	0,3-0,9
Rigidez Normal ($K_N/K_T = 1,0$)	K_N	10^3 - 10^7 N/m
Rigidez Tangencial (Razão K_N/K_T variável)	K_N/K_T	$\frac{2}{3}$ -1
Fração de tempo crítico	t_{FRAC}	0,01-0,1
Atrito interno	μ	0,0-0,1
Atrito (partícula/paramento)	μ_d/μ_p	0,1/0,3 0,03/0,1 0,1/0,03
Tipo de superfície	-	Linear Spline linearizada
Número de partículas	N	4022 com raio constante 8500 com raio entre 1,5 a 3,0 m

Tabela 5.1- Principais parâmetros avaliados na idoneidade da simulação de corridas do programa SAND.

1. Tipo de Amortecimento

O primeiro parâmetro analisado foi a frequência f_T do método autolocal, variada entre os valores de 50, 100, 200, 300, 600 e 900 Hz. Notou-se que a maior frequência a massa apresentava um comportamento mais fluido pelos padrões registrados nos perfis de profundidade e velocidade. Mas o tempo de execução destes seis perfis foi muito similar entre 2 a 3 horas.

Enquanto ao parâmetro autoglobal (α_c), este mostrou problemas na determinação de contatos, para os valores testados de 0.3, 0.5, 0.7 e 0.9. Em determinado ciclo, algumas partículas experimentavam uma força de contato muito grande pelo qual no seguinte passo de tempo estavam muito separadas mantendo o contato (link) anterior. Este problema se pôde corrigir reduzindo a fração de tempo crítico o que aumenta o tempo de execução ou aumentando o tamanho das celas de procura que foi considerada uma solução fácil, mas menos técnica.

2. Rigidez

Diminuindo a rigidez nos contatos se produz um colapso das partículas sob o seu próprio peso. Então existe uma relação direta e de dependência entre densidade e rigidez.

No caso contrário apresenta-se o problema similar ao do amortecimento autoglobal, o sistema ao ser tão rígido de um passo de tempo a um outro, as partículas se transmitem grandes forças pelo que se apresentam deslocamentos exagerados entre partículas alterando o fluxo natural delas. Neste caso, uma solução válida é o aumento da densidade ou diminuição da fração de tempo crítico como se mencionou anteriormente, mas com o inconveniente do aumento do tempo de execução.

Quando se variou a razão entre as rigidezes, não houve modificação importante nos tempos de execução. Uma modificação importante deu-se na configuração dos perfis de profundidade e velocidade como era esperado, pois a menor rigidez o fluxo tende a apresentar comportamento de fluxo laminar com velocidade baixa e similar.

3. Fração de tempo crítica

Constatou-se que ao diminuir este parâmetro evita-se alterações devidas aos grandes deslocamentos que algumas partículas podem experimentar a causa de grandes valores nas forças de contacto entre um ciclo e outro. Mais para determinado valor desta fração, o sistema demora demais como para conseguir convergência até o final da simulação. Este parâmetro é crítico na aplicação do método e do qual se tem pouca informação qualitativa.

Toda bibliografia consultada usava uma magnitude inferior aos 10% recomendado por Cundall sem uma justificativa clara. Na verdade este parece ser o parâmetro inicial de calibração do modelo para cada simulação, que infelizmente depende da massa e rigidezes usadas.

Um outro ponto de esclarecimento é o fato da relação entre o tamanho da cela de procura de contatos e esta fração, pois no caso de 1% do tempo crítico se obteve bons resultados para celas maiores aos dois raios mínimos, mas o tempo de execução se aumenta significativamente. Os resultados mais aceitáveis foram para frações entre 0,1 e 0,05 usando o mesmo tamanho de cela na procura de contatos ($2R_{\min}$). Para tamanho de celas menores esta fração deve ser diminuída.

4. Atrito

Este parâmetro altera diretamente a cinemática das partículas. Suas alterações importantes se notam na configuração da superfície da corrida e velocidades. Um fato importante de notar foi que a menor ângulo de atrito maior é o tempo de execução da simulação, pois a atribuição de forças cisalhantes nos contatos diminui, ficando o deslocamento vertical regido pelo desequilíbrio entre as forças de gravidade e forças normais dos contatos.

Para simular o fato de que uma corrida acontece sobre uma superfície rugosa ou com baixa rugosidade, executaram-se simulações onde o atrito entre o contato partícula-partícula (μ_d) era diferente e menor ou maior ao existente entre partícula-paramento (μ_p). Ao aumentar μ_p se aumenta o atrito paramento-partícula, dificultando o deslocamento das camadas superiores como o efeito de um pingo de mel sobre

uma folha seca. No caso contrário, ao diminuir dito valor a camada em contato direto com o paramento serve como camada de lubrificação para o resto das camadas como o efeito do pingo de mel sobre uma folha umedecida. Com estas variações simularam-se os fenômenos de fluidificação, segregação e dilatação descritas na secção 2.2.4.7.

5. Tipo de superfície

Variando o tipo de superfície tentou-se avaliar a idoneidade do programa para a simulação de superfícies muito irregulares e com grande número de segmentos, em especial o algoritmo desenvolvido para a procura de contacto entre partículas e paramentos para reduzir o tempo de procura destes contatos.

Seguindo as feições geradas nos perfis de profundidade entre ambos os tipos de superfície, ficou evidente que as curvas spline linearizadas permitem obter configurações tanto de distribuição de velocidades e profundidade mais acordes ao descrito nas secções 2.2.2, 2.2.3 e 2.2.4. Como por exemplo, identificação total de estratos ou camadas quando a superfície, perfis de profundidade menos quebrantados e suaves devidos à mudança gradual da pendente do terreno.

6. Número de Partículas

Com as variações consideradas tentava-se avaliar as idoneidades do SAND para simular o processo de sedimentação das partículas para obter a massa instável inicial assim como a idoneidade do algoritmo de procura de contatos partícula-partícula e partícula-paramento.

Neste caso os fenômenos de segregação foram mais contrastantes, pois ao aumentar o numero de partículas com variação no raio, o acomodo do material durante a sedimentação, fluxo e deposição foram com superfícies suaves conseguindo configurações mais densificadas. Com isto, acredita-se que ainda se esteja simulando a massa com elementos discretos, estes tendem a simular uma massa mais homogênea e densa.

Este fato não implica que para distribuições não-compactas de partículas o modelo não seja representativo. Nesta aplicação em particular, devido à escala da simulação em que um elemento discreto representa uma mistura de material sólido e líquido, as propriedades do material misturado ficam regidas pelas magnitudes dos parâmetros do modelo numérico. Aliás, estes parâmetros não estão correlacionados de forma direta com propriedades físicas reais do material pelo que qualquer valor que garanta estabilidade e convergência numérica tecnicamente é aceitável. É claro que a intuição indica que entre menor for o tamanho dos elementos mais próximos ao caso de médio contínuo, mas a um custo muito alto de consumo de memória e tempo de execução ainda os cálculos pareçam mais simples dos que os realizados por outros métodos numéricos como FEM.

5.1.3 ***Aplicação da metodologia do DEM***

Seguindo a metodologia descrita na seção 1.3.2 e 4.1 sobre o Método de Elementos Discretos, se mostram as principais observações.

1. Geração da malha inicial de partículas e massa instável inicial

Para gerar a massa inicial usa-se o processo de sedimentação em camadas. (Vede FIGURA 5.2) Quando as partículas sedimentam inicia-se o processo de acomodamento delas ou densificação. Durante este, notou-se a formação de algumas feições próprias dos materiais geológicos como falhas pelo peso próprio das camadas inferiores devidas às camadas superiores durante o processo. Uma outra característica notada, ainda tentando garantir a distribuição mais densa possível, é que as camadas inferiores sofreram interposições partícula-partícula maiores que as superficiais. Isto é que usando este processo para grandes números de partículas é impossível obter uma configuração muito densa e sem interposição grande de partículas, mas para os propósitos deste trabalho este fato não afeta grandemente os resultados.

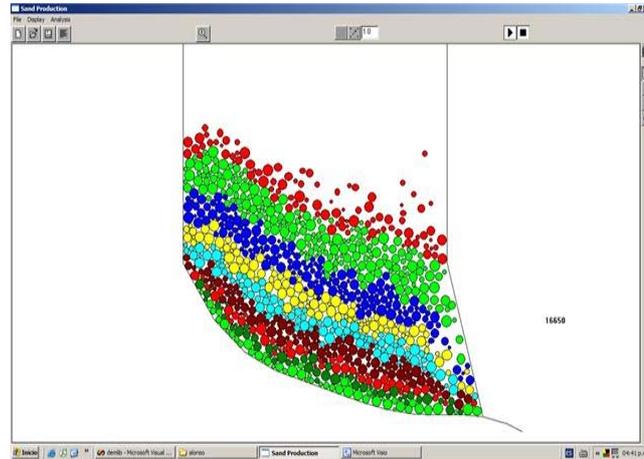


FIGURA 5.2- Processo de sedimentação e densificação das partículas na geração da massa instável inicial para a simulação da corrida.

Antes de iniciar a corrida, todas as forças nos contatos são zeradas (forças, velocidades, deslocamentos, etc.) e as interposições existentes nos primeiros ciclos de execução geram forças de contato pré-existentes previas à corrida.

Enquanto a geração dos paramentos com curvas spline cúbicas linearizadas, notou-se que a linearização com quatro ou cinco segmentos dava bons resultados. Números menores não modificam muito os resultados respeito à configuração linear e maiores só aumentam o tempo de procura de contatos partícula-paramento, sem melhoras na configuração final de partículas.

2. Simulação da corrida e visualização de variáveis.

Seguindo a metodologia do DEM, se seguem duas etapas: detecção de contatos e aplicação das leis físicas. Estes processos se analisam indiretamente e em conjunto, analisando as feições registradas nos perfis de profundidade e velocidade assim como a visualização gráfica. Aqui se mostrarão os resultados obtidos para a configuração padrão, os das outras configurações foram obtidos com procedimentos similares e comparados com os da configuração padrão e somente alguns deles mostrar-se-ão.

1. Perfis de Profundidade.

O programa permite determinar um perfil de profundidades cada determinado ciclo para um número determinado de pontos, neste caso foi 30 pontos ao longo do comprimento da massa em movimento. Para o caso padrão perfilaram-se ditas feições cada 2000 ciclos que para o caso de partículas de igual diâmetro é equivalente a um intervalo de $dt \cong 5,32$ s. Destes perfis observa-se o tipo de superfície desenvolvida na zona de fluxo (Vede FIGURA 5.1.b), a qual foi comparada com as feições descritas na FIGURA 2.5.

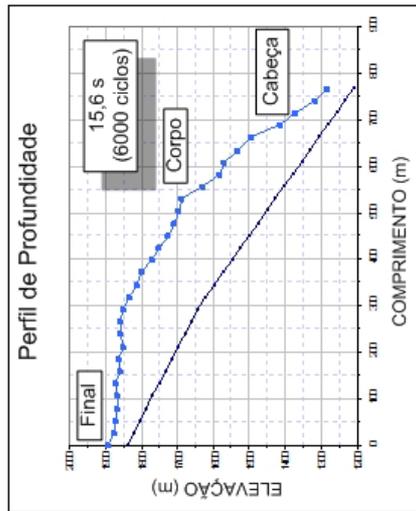
Notando da FIGURA 5.3 que o fluxo pode ser classificado do Tipo 3, segundo a classificação dada na secção 2.2.3 e pelos valores de velocidade registrados como se verá mais adiante eram maiores a 3 m/s.

Comparando os perfis finais das diferentes configurações pode-se dizer que para os diferentes valores de frequência f_T utilizados no método de amortecimento autolocal, o alcance ou distancia horizontal percorrida pela massa desde o início da zona de deposição diminui significativamente para valores cada vez maiores de f_T .

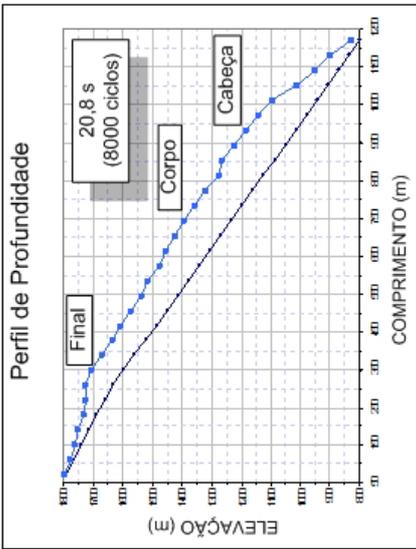
Por outro lado, ao reduzir a razão de rigidezes (K_N/K_T), o alcance tende a aumentar para as razões menores num tempo de execução menor à configuração padrão. No caso da influência do atrito tem-se que a menor ângulo de atrito, o alcance tende a ser maior, mas para chegar ao repouso o processo é demorado.

Em quanto ao tipo de superfície, sob superfícies spline cúbicas linearizadas a massa consegue um alcance maior em um tempo de execução significativamente menor à configuração padrão.

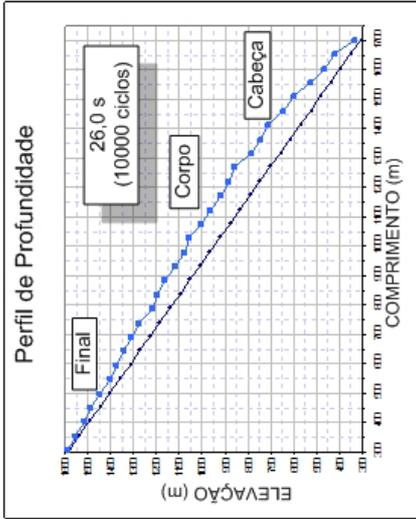
Estas relações são essenciais para considerar em simulações de retroanálises de casos reais ou em futuras aplicações na planificação territorial, pois o alcance das corridas é o parâmetro mais importante e significativo destes fenômenos, assim como a profundidade e velocidade.



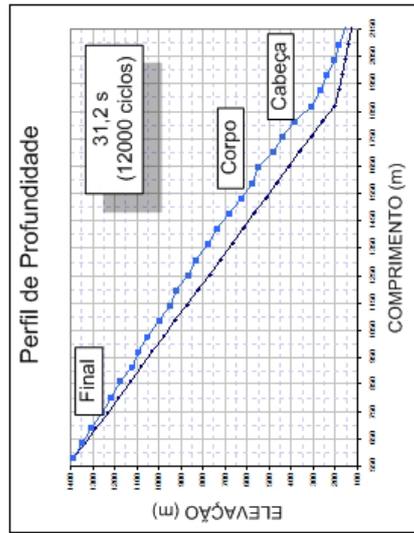
(a) Evolução da corrida a partir dos 15,6 s.



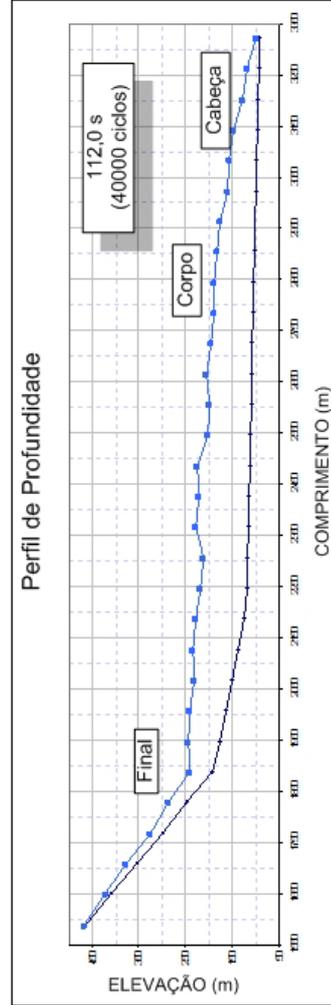
(b) Evolução na zona de fluxo.



(a) Desenvolvimento total da corrida na zona de fluxo.



(d) Início da corrida na zona de deposição.



(e) Perfil final na zona de deposição.

FIGURA 5.3- Perfis de profundidade para a configuração padrão com a identificação das suas principais feições taxonômicas.

Respeito ao formato da superfície na zona de fluxo das corridas notou-se que ao aumentar a frequência f_T a superfície tende a passar do fluxo Tipo 3 a Tipo 2, segundo a classificação de Takahashi. Quando se reduz a razão de rigidezes acontece o mesmo, mas neste caso as feições são mais marcadas do que com a variação de frequência para o caso de amortecimento local. Por outro lado, quando se reduz o atrito, a tendência neste caso é passar da corrida Tipo 3 à Tipo 1.

No caso em que a superfície de escoamento é uma curva spline linearizada a corrida se classifica claramente como Tipo 1. Mas quando o tamanho de partículas não é constante se acontece um melhor acomodo delas quando em movimento, então a corrida pela feição da superfície é classificada como Tipo 1.

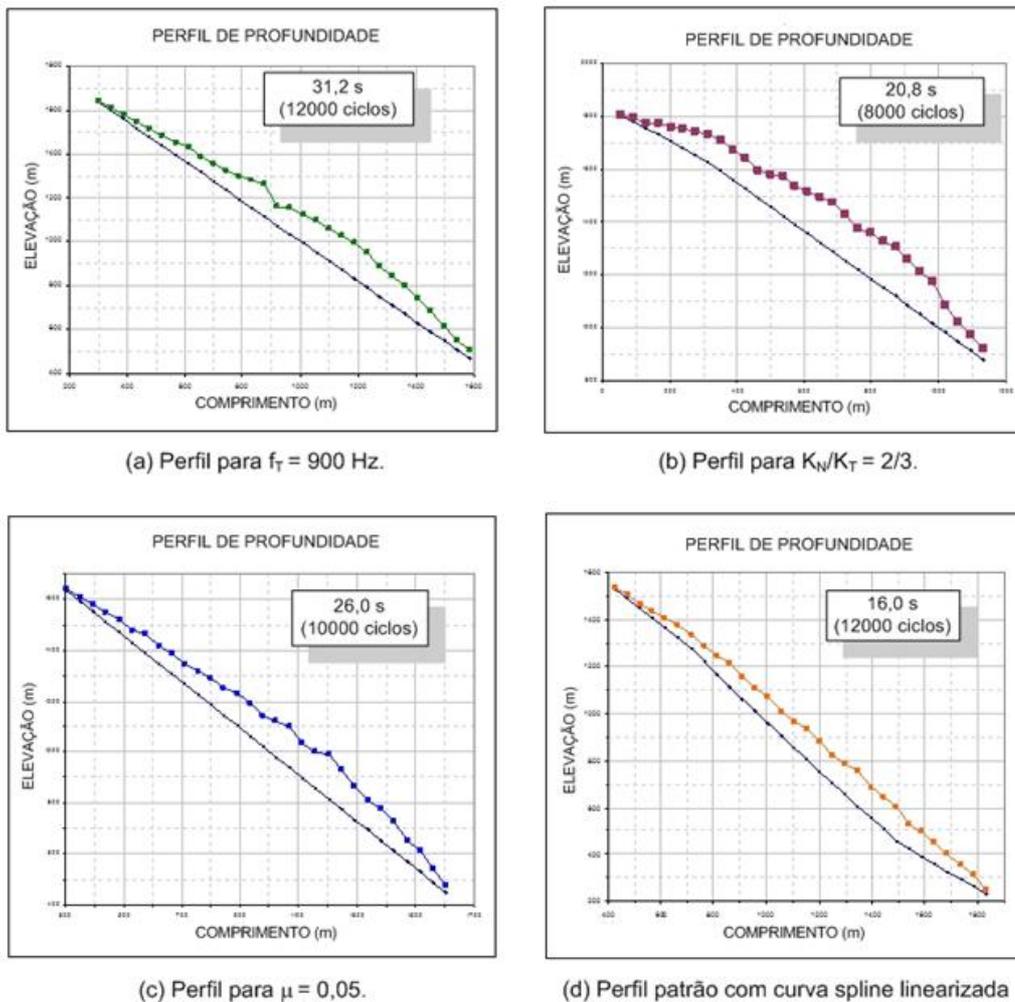


FIGURA 5.4. Classificação do fluxo segundo o perfil de profundidade para algumas configurações. Perfil (a) Tipo 2, (b) Tipo 2, (c) Tipo 2 e (d) Tipo 1.

Mas como acontece na prática a classificação das corridas pelo perfil é difícil. Alguns destas classificações complementaram-se com os valores de velocidade seguindo os critérios dados na TABELA 2.7.

2. Segregação.

O fenômeno melhor representado e do qual não se tem muita referência é a segregação que é precisamente o grande lance do DEM, assim como a dilatação sem ter que recorrer a formulações nem alterações complexas nas relações básicas do modelo numérico.

Estratificando a massa instável inicial em camadas coloridas observou-se a segregação que se acontece nas primeiras camadas em contato com a superfície de escoamento do mesmo jeito que se observou o processo de segregação com a mudança de pendente como se mostra na FIGURA 5.6.

É importante notar que depois do movimento da massa é possível identificar estratos seguindo o padrão da massa inicial como foi descrito na secção 2.2.4. Este fato é de essencial importância para os geólogos e geógrafos para identificação e estipulação das velocidades e movimentos internos da massa. Além disso, permite a clara identificação das feições taxonômicas de uma corrida como se mostra na FIGURA 5.6.(d).

Observou-se que para partículas de tamanho variado sobre superfície de escoamento spline linearizada se produz o menor efeito de segregação das camadas. Porém, para valores em aumento da frequência f_T o efeito diminui, pois parece que as camadas são mais flexíveis (as partículas são mais amortecidas), evitando grandes deslocamentos que causariam a segregação de algumas partículas.

3. Perfis de Velocidade

Os perfis de velocidade são usados como medidas qualitativas do comportamento reológico da massa do fluxo, ainda que não exista uma relação clara entre os parâmetros de entrada do modelo DEM e os modelos reológicos tradicionais.

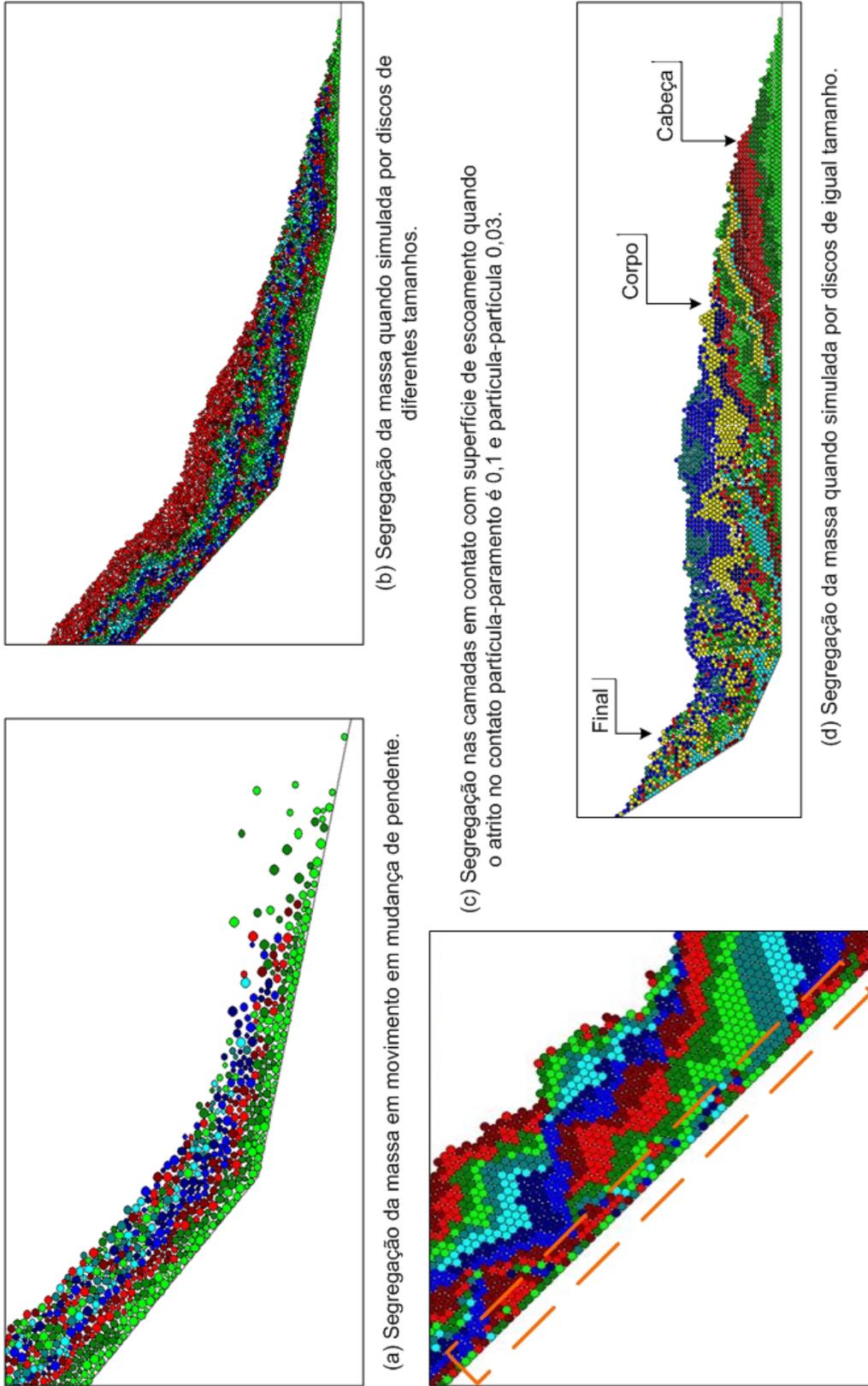


FIGURA 5.5. Feições de segregação na simulação da corrida de detritos no programa SAND para diferentes configurações.

A experiência e limitação dos modelos reológicos deixam aberta a possibilidade de procurar outras soluções. Neste caso o tamanho da partícula influi na precisão do perfil, pois a menor raio mais proximidade ao caso do modelo contínuo, mas com a limitante de alto custo em processamento computacional e tempo de execução.

Ao simular o fenômeno de segregação com este método é de esperar perfis atípicos respeito aos prognosticados pelos modelos reológicos, pois algumas partículas apresentam grandes deslocamentos verticais o revezamento como as partículas das camadas em contato com os paramentos.

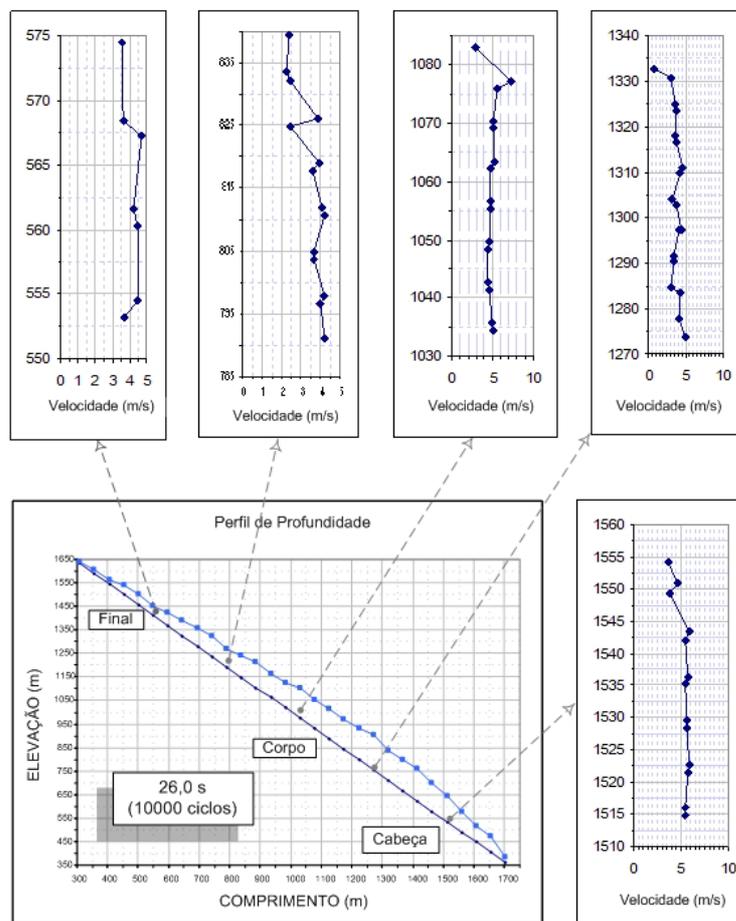


FIGURA 5.6- Perfis de velocidade característicos para a configuração padrão no ciclo 10000.

Também algumas partículas da superfície podem ir mais rápidas ou devagar devido a que não estão em contato direto com outras partículas, como se mostra na FIGURA 5.6. Observe-se que neste caso a velocidade parece ser uniforme como se fosse fluxo uniforme ou laminar. Vendo o perfil da superfície da massa se confirma

dito comportamento e mais por que a massa escoou numa superfície de pendente constante.

Lembre-se que ditos perfis são medidas qualitativas do comportamento reológico da massa em movimento. Para uma configuração obtiveram-se estes perfis para cada perfil de profundidade e pela irregularidade do trajeto resultaram diversos perfis de velocidade que variam o comportamento reológico da massa com o tempo. O importante aqui é notar que se dispõe de uma ferramenta para conferir esse comportamento qualitativamente sem ter que usar modelos complexos.

5.2 **Exemplos de Aplicação**

5.2.1. ***Exemplo com superfície irregular complexa***

Aplicou-se o valor padrão dos parâmetros de entrada aplicado a uma superfície irregular complexa (Ver FIGURA 5.7) para simular uma corrida. Durante a simulação observaram-se os seguintes fatos:

- No trecho de ocorrência o fluxo adquiriu as máximas velocidades, sendo estas de até 17 m/s.
- No patamar depositou-se a maioria do material, este tem gradiente nulo reduzindo ao máximo a capacidade de transformar a energia potencial da massa em cinética, fato que explicaria a sedimentação quase total do material. No processo de deposição se conservam muito bem as feições das camadas (estratigrafia) e quase não se apresenta segregação na massa.
- No seguinte trecho inicia-se um segundo processo de corrida, mas este é de menor velocidade, maior segregação e menor espessura de fluxo até se acumular um pouco deste material no início da zona de deposição. Neste caso, a segregação é total e o material acumulado é misturado totalmente.
- O alcance na zona de deposição, a pesar de apresentar pouco material é significativamente maior ao obtido no caso linear simples. Claro que a espessura deste é pequena.

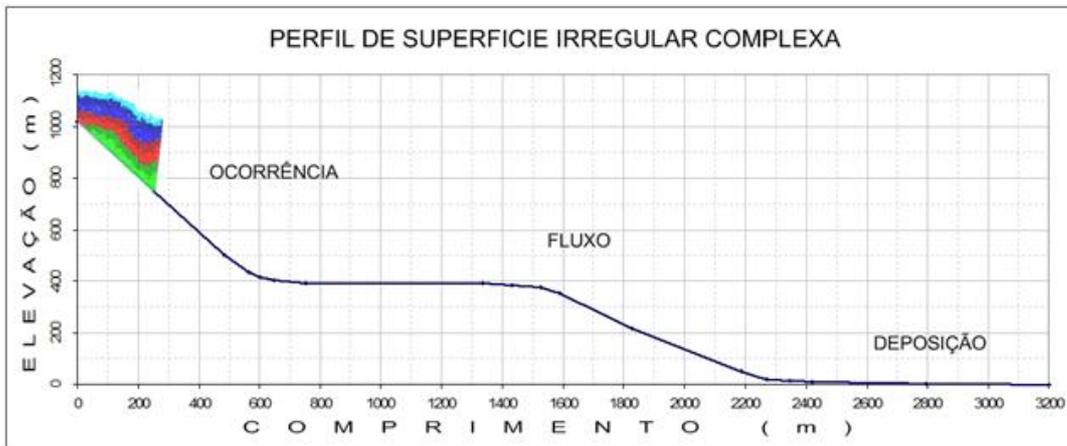
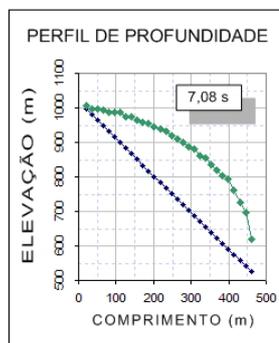
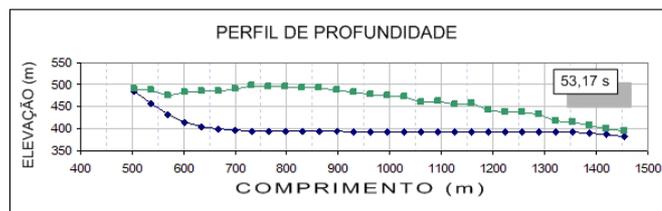


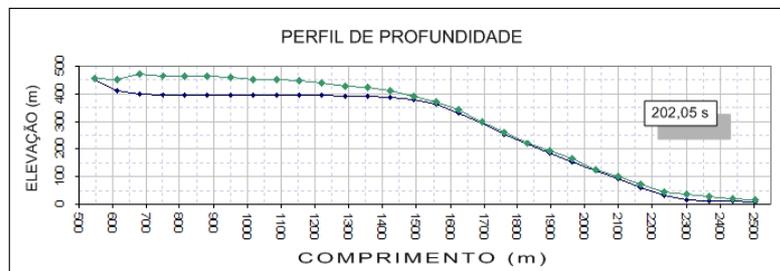
FIGURA 5.7- Perfil irregular de exemplo na aplicação do programa SAND na simulação de uma corrida de detritos.



(a) Perfil na zona de ocorrência.



(b) Perfil no patamar, primeiro processo de deposição.



(c) Perfil na zona de fluxo, início de processo de deposição final.

FIGURA 5.8- Perfis de profundidades para o exemplo de corrida de detritos sobre uma superfície irregular simulada com o programa SAND.

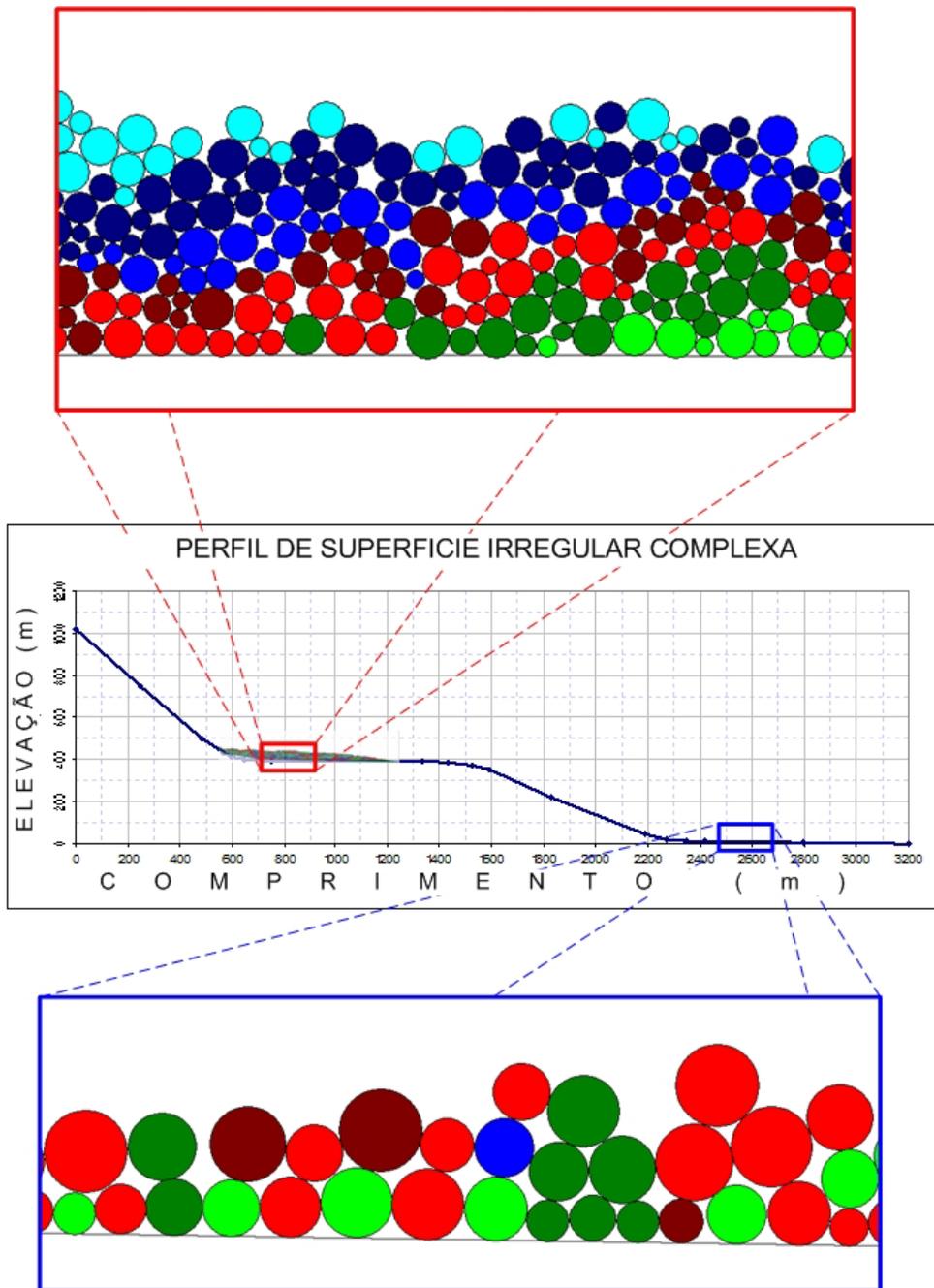


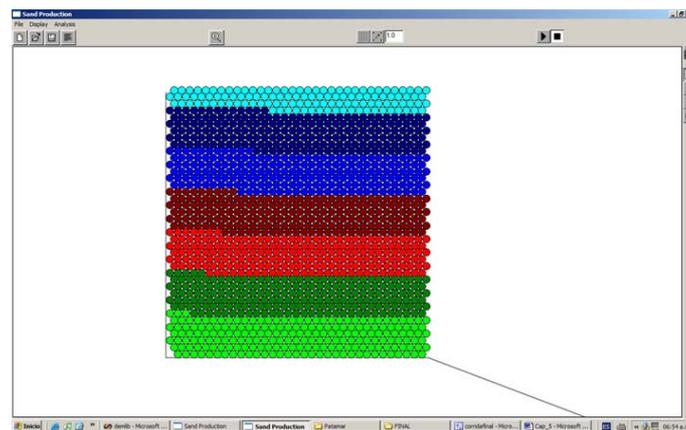
FIGURA 5.9- Tipo de segregação nas distintas zonas de deposição da corrida.

Neste caso o fluxo é composto. Na primeira parte o fluxo é Tipo 3 pela sua alta velocidade e o perfil de superfície profundidade e no seguinte processo é Tipo 1 pois a velocidade neste processo é menor a 1 m/s e o perfil da superfície é muito uniforme a pesar da massa estar totalmente segregada.

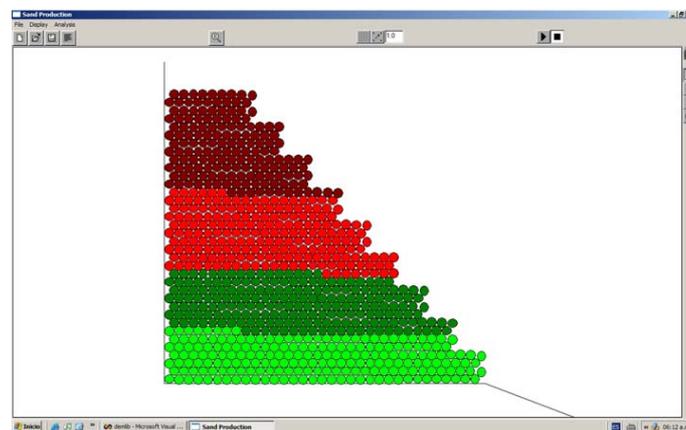
5.2.2.

Exemplo com redução repentina no coeficiente de atrito

Para este caso usaram-se duas configurações: uma vertical e outra simulando uma encosta com patamares. Em ambas as configurações simulou-se um coeficiente de atrito inicial de 0,7 que é repentinamente reduzido a 0,25 valores correspondentes a 35° e 15° respectivamente.



(a) Configuração da massa instável inicial com paramento externo vertical.



(b) Configuração da massa instável inicial com paramento externo com patamares.

FIGURA 5.10- Configurações da massa instável usadas na simulação de redução repentina do coeficiente de atrito.

Em ambos os casos, as magnitudes de velocidades obtidos são muito baixas, não superam 1 m/s para os diferentes valores de frequência f_T usados (50, 100, 300 e 600 Hz). Neste caso o fluxo pode ser classificado como Tipo 1 segundo a classificação de Takahashi.

Por outro lado, os perfis de profundidade gerados são muito uniformes em ambos os casos. Isto é que a profundidade da corrida ao longo da superfície de movimento tende a ser constante o que confere a classificação dada a estas corridas segundo os critérios de Takahashi.

Uma característica distintiva entre ambos as configurações é o fato de que no primeiro caso a segregação da massa é mais apreciável do que no segundo caso. Isto se explica pela maior capacidade que tem o primeiro caso (perfil vertical) de poder transformar energia potencial em energia cinética como se descreve no apartado 2.2.5.1. respeito ao segundo caso (perfil com patamar). Esta transformação permite maior movimento interno das partículas produzindo os efeitos de segregação.

Também, note-se que no primeiro caso nem todo o material chega a se movimentar, mas no segundo a massa toda escorrega no fluxo. Isto deve-se principalmente a que no primeiro caso a mesma massa confina o material das camadas inferiores em maior magnitudes do que no segundo.

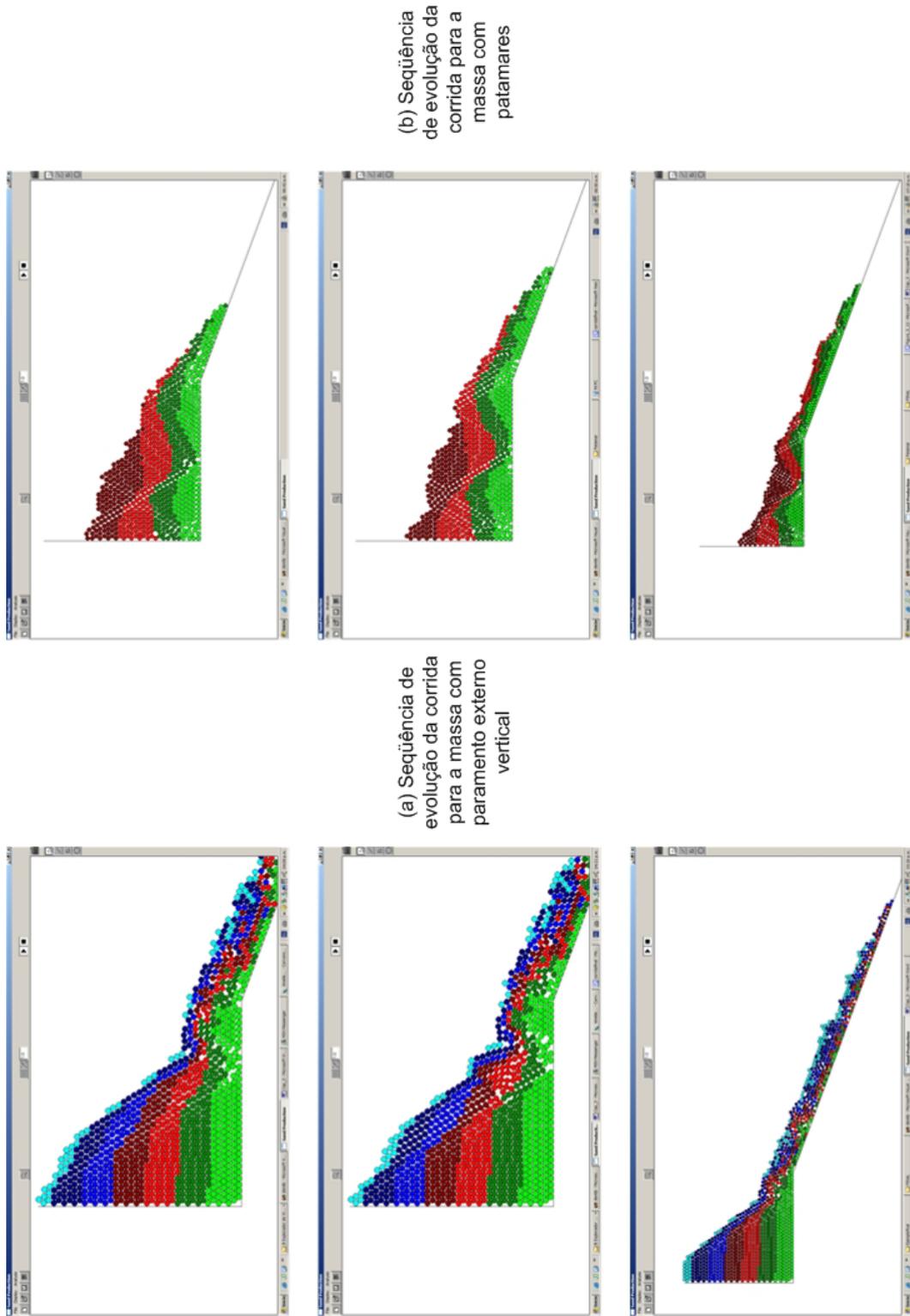


FIGURA 5.11- Desenvolvimento da corrida a partir da redução do coeficiente de atrito.

5.3 Discussão de Resultados

Dos parâmetros de entrada do programa que podem ser correlacionados qualitativamente com o comportamento reológico das corridas são a rigidez, o atrito e o tipo de amortecimento.

Primeiramente, analisando a variação da rigidez normal (K_N) mantendo uma razão de rigidez constante ($K_N/K_T = 1.0$), valores inferiores a 10^5 N/m provocam o colapso da massa sob o seu próprio peso. Para valores maiores, tem-se de diminuir a fração de tempo crítica, pois o método diverge em determinado passo de tempo onde as forças internas entre partículas são grandes provocando deslocamentos exagerados destas.

Mas quando se varia a razão entre rigidezes, mantendo constante a rigidez normal ($K_N = 10^5$ N/m) e dentro do intervalo sugerido pelo Cundall ^[41] (ver equação 3.44.a) o método fica estável como este autor argumentou. Pode-se dizer que para o maior valor desta razão (1.0) e o menor valor (2/3), a massa passa de um comportamento viscoso a um menos viscoso ou plástico. Com os perfis de profundidade e as magnitudes das velocidades máximas (3 m/s e 7 m/s respectivamente) obtidas na zona de fluxo, seguindo a classificação de Takahashi (ver seção 2.2.3) as corridas podem ser classificadas do Tipo 2 e 3 respectivamente. Comparando com a tabela 2.4 as corridas são classificadas como fluxos hiperconcentrados, dos quais as corridas de massa são uns deles.

Variando os valores para o atrito, o comportamento da massa pode-se comparar mais com o comportamento de corrida de detrito ou lama. Os perfis de profundidade e de velocidade para valores maiores a 0,1 produzem fluxos com superfícies muito irregulares como os de Tipo 1 e Tipo 2, com velocidades menores aos 2 m/s, e os fenômenos de segregação direta e inversa são muito característicos na massa da corrida como se mostra nas figuras 5.5.a e 5.5.c. Por isso, considerando as descrições dadas na seção 2.1.2, estas simulações estão correlacionadas com corridas de detritos.

Para valores menores a 0,1 no atrito as superfícies geradas são mais uniformes ou com uma tendência a serem lisas seguindo o contorno dos paramentos. Apresenta-se um comportamento similar a um líquido, os efeitos de segregação quase que são desprezíveis, as velocidades na zona de fluxo chegaram a valores muito altos como 11 m/s e apresentaram um alcance na zona de deposição maior às simulações com valores maiores a 0,1. Estas simulações aqui podem ser classificadas como do Tipo 3 da classificação de Takahashi e podem ser considerados como fluxos de lama segundo as descrições da seção 2.1.2.

Mas com tudo isto, o parâmetro que mais modifica o comportamento da massa é o tipo de mecanismo de amortecimento escolhido. Neste caso do tipo global caracterizado pela frequência f_T . Para valores maiores aos 300 Hz, os perfis de profundidade e de velocidade são típicos de massas viscosas a fluidas como o efeito que produz a variação da razão de rigidez, mas neste caso as velocidades são muito maiores entre 5 e 8 m/s. Os perfis podem ser identificados como de Tipo 2 e Tipo 3. O alcance na zona de deposição destes é maior do que a produzida com valores de atrito menores a 0,1. Os efeitos de segregação não são tão desprezíveis, são mais visíveis do que no caso de valores menores a 0,1 de atrito.

No caso dos valores menores de frequência, os perfis mudam caracterizando a uma massa menos fluida, mais plástica. Os perfis neste caso são típicos das corridas Tipo 1. Os efeitos de segregação são muito marcados dentro da massa em movimentação quantos os produzidos com valores maiores a 0,1 de atrito. As velocidades são baixas respeito ao caso anterior não passam de 1 m/s.

Nos casos anteriores, as revisões dos perfis de profundidade e de velocidade foram feitos para o caso de paramentos lineares e de spline cúbica linearizada assim como para partículas de igual raio quanto com variação de tamanho. Para a maioria dos casos, foi necessário usar o perfil de spline cúbica linearizado com partículas de tamanho variado para poder identificar melhor os tipos de corridas, pois nos outros casos a mudança brusca no gradiente entre paramentos adjacentes afetava a feição dos perfis de superfície de forma irregular. Então o uso de superfícies curvas linearizada permitiu a identificação adequada das corridas e melhores simulações dos mecanismos relacionados com corridas de massa.