



Procedimento padrão operacional para criação de databases de hidrociclones no Pointwise

José Messias Ribeiro Júnior

20 de dezembro de 2019

Sumário

1	Introdução	2
1.1	Perguntas frequentes	2
1.2	Nomenclatura do hidrociclone	3
1.3	Glyph	3
1.4	Tipos de <i>O-H grid mesh</i>	3
2	Procedimentos	5
2.1	Dimensões do hidrociclone	5
2.2	Seção cilíndrica e <i>underflow</i>	5
2.3	Seção cônica	5
2.4	Comprimento de tubos e espessuras de paredes	6
2.5	<i>Overflow</i>	6
2.6	Entrada(s)	7
2.7	Rotação automática em relação aos eixos	9
2.8	Rotação do ângulo máximo no <i>O-H grid mesh</i> do tubo de entrada	9
2.9	Execução do <i>script</i>	10

Lista de Figuras

1	Dimensões do hidrociclone com entrada circular	3
---	--	---

2	Interface gráfica do Glyph para geração de <i>database</i> para hidrociclone	4
3	Tipo de estratégia <i>O-H grid mesh</i> disponível para o tubo de entrada, <i>overflow</i> e <i>underflow</i>	4
4	Preenchimento das dimensões da seção cilíndrica e do <i>underflow</i>	5
5	Preenchimento das dimensões da seção cônica	6
6	Preenchimento dos comprimentos e espessuras dos tubos . . .	6
7	Preenchimento das dimensões do <i>overflow</i>	7
8	Preenchimento das dimensões da(s) entrada(s)	8
9	Diferenças entre a entrada sem recuo e com recuo de valor 1.	8
10	Corte entre a seção cilíndrica e o tubo de entrada.	9
11	Rotação automática através dos eixos <i>x</i> , <i>y</i> e <i>z</i> em graus. . . .	9
12	Visão superior do <i>database</i> gerado com os parâmetros da Figura 2. As entradas são automaticamente centralizadas em relação a cada parte do corpo do hidrociclone.	10
13	Diferenças entre o tubo de entrada com <i>O-H grid mesh</i> uniforme, e com ângulo máximo de 120°.	11
14	Exemplo de <i>database</i> gerado pelo Glyph	11

1 Introdução

1.1 Perguntas frequentes

- Qual a motivação para o uso deste método?

A principal motivação do uso do **Glyph** no **Pointwise** é criar o *database* no *software Pointwise* para hidrociclones com entrada(s) cilíndrica(s) ou retangular(es), e acelerar o processo de *meshing* de uma malha representativa 3D de hidrociclone.

- Quais são as técnicas utilizadas neste método?

Execução do *script* no *software Pointwise* e inserção do valor das dimensões do hidrociclone desejadas no próprio *script* ou na interface gráfica.

- Em quais situações este método é aplicável?

Na geração de qualquer *database* de hidrociclone com uma, duas ou quatro entradas circulares ou retangulares, com até quatro seções cônicas e com saída de *overflow* simples ou concêntrica.

- Quais são as limitações deste método?

Construção de *database* para hidrociclones com seção cilíndrica cônica, com mais de quatro entradas ou com mais de quatro seções cônicas.

1.2 Nomenclatura do hidrociclone

A nomenclatura das dimensões do hidrociclone é mostrado na Figura 1.

D_C → Diâmetro da seção cilíndrica	D_I → Diâmetro da entrada
D_O → Diâmetro do <i>overflow</i>	A_1 → Ângulo da primeira seção cônica
D_Oc → Diâmetro do <i>overflow</i> concêntrico	D → Diâmetro entre seções cônicas
L_1 → Comprimento da seção cilíndrica	A_2 → Ângulo da segunda seção cônica
V_F → Comprimento do <i>vortex finder</i>	D_U → Diâmetro do <i>underflow</i>
L_I → Comprimento da entrada	L_O → Comprimento externo do <i>overflow</i>

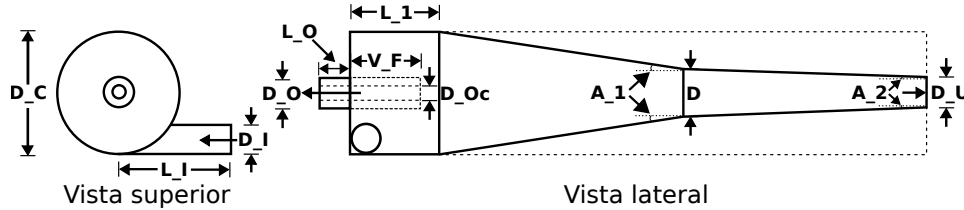


Figura 1: Dimensões do hidrociclone com entrada circular

1.3 Glyph

O **Glyph** para **Pointwise** utiliza a linguagem de programação *Tcl* e uma extensão do próprio *software* chamada **Glyph2** (os comandos estão disponíveis no site <https://www.pointwise.com/glyph2>).

A interface gráfica, mostrada na Figura 2, é feita através da linguagem *Tk*.

1.4 Tipos de *O-H grid mesh*

A estratégia *O-H grid mesh*, também conhecida como *Butterfly topology*, permite diminuir a assimetria (*skewness*) numa geometria tubular, através da divisão de um domínio em cinco domínios. Neste *script*, são utilizados quatro diferentes formas de divisão do domínio circular, conforme a Figura 3.

Os tipos de topologia com quadrado e quadrado arredondado são os mais aconselháveis.

Esta topologia é utilizada nos tubos de entrada, e na conexão entre as saídas de *overflow* e *underflow*.

Hydrocyclone Database

POINTWISE®

Cylindrical section				Length of the pipes			
D_C 40.		L_1 72.		L_I 50.		L_O 50.	
Underflow: D_U 15.				L_U 64.			
Conical section				Wall thickness			
No.	Angle	Height	Value	Diameter	W_VF 1.	W_Oc 1.	
<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	810	15	Number of inlet pipe(s)? <input type="radio"/> 1 <input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 4		
<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	35	0			
<input type="radio"/> 3	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	30	0			
<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	20	0			
Concentric overflow pipe? <input checked="" type="radio"/> no <input type="radio"/> yes					Inlet pipe(s) dimension D_I 7.5 H_I 0. A_I 5. B_I 23.		
Overflow pipe(s) dimension D_O 10. V_F 48. D_Oc 0. V_F2 0.							
O-H grid mesh in overflow pipe(s) <input checked="" type="radio"/> square <input type="radio"/> r-square <input type="radio"/> circle <input type="radio"/> octagonal					O-H grid mesh in inlet pipe(s) <input type="radio"/> square <input checked="" type="radio"/> r-square <input type="radio"/> circle <input type="radio"/> octagonal		
					Move inlet pipe(s) 1. Max angle 120 <input type="checkbox"/> Aux lines		
EXECUTE							
QUIT							
Rotation of the axis				X	0	Y	0
				Z	0		

Figura 2: Interface gráfica do Glyph para geração de *database* para hidrociclone

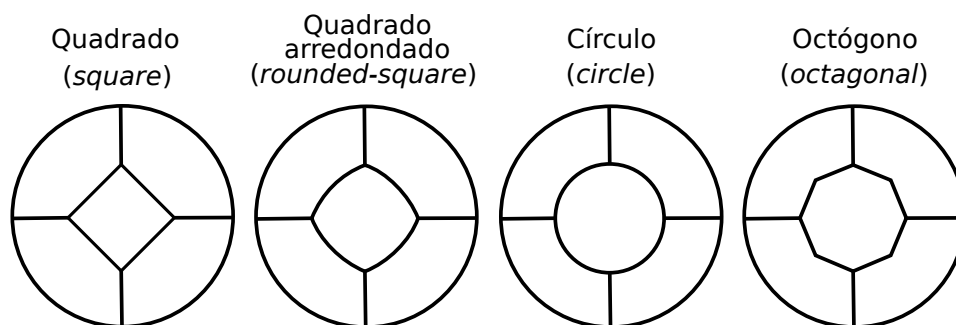


Figura 3: Tipo de estratégia *O-H grid mesh* disponível para o tubo de entrada, *overflow* e *underflow*.

2 Procedimentos

A seguir é descrito cada etapa do preenchimento da interface gráfica. Porém, é possível pular estas etapas colocando todos os valores no próprio arquivo **hidrociclone.glf**. Estes valores aparecerão na interface gráfica assim que o *script* for executado no **Pointwise**.

Aconselha-se a utilizar a unidade de comprimento das dimensões do hidrociclone em **milímetro**, devido ao valor de tolerância no corte feito na interseção do tubo de entrada com a seção cilíndrica.

O **Pointwise** é adimensional, porém é necessário cuidado na hora de enviar a malha pronta para o **OpenFoam** ou o **Fluent**, devendo ao usuário configurar as unidades apropriadas da malha, das condições iniciais e de contorno nos *solvers*.

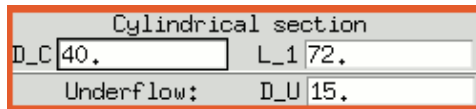
2.1 Dimensões do hidrociclone

As dimensões do hidrociclone devem ser preenchidas levando em consideração a nomenclatura da Figura 1, diretamente na interface gráfica ou no próprio *script* (em caso de dúvidas, basta colocar o cursor sobre a caixa de texto, que aparecerá uma descrição (*balloon*) da variável em questão).

A seguir são destacados cada parte da interface gráfica.

2.2 Seção cilíndrica e *underflow*

Na Figura 4 é mostrado onde **D_C**, **L_1** e **D_U** são digitados. O preenchimento desta parte é fundamental, visto que o diâmetro da seção cilíndrica e do diâmetro do *underflow* compõem os limites de comprimento do corpo central do hidrociclone (no caso, o hidrociclone sem as entradas, o *overflow* e tubo de *underflow*).



Cylindrical section	
D_C	40.
L_1	72.
Underflow:	D_U 15.

Figura 4: Preenchimento das dimensões da seção cilíndrica e do *underflow*

2.3 Seção cônica

Conforme a Figura 5, a seção cônica pode ser dividida em até quatro partes.

É utilizado um *radiobutton* para a escolha do número de seções cônicas desejadas (1 até 4), e outro *radiobutton* para que usuário decida como o *script*

pretende computar a altura entre as seções cônicas (calculando através do ângulo entre o eixo z , ou se o usuário pretende digitar diretamente a altura).

Para cada uma das seções cônicas, existem dois campos para inserir o valor da altura (ou ângulo) e o valor do diâmetro final da porção cônica. O valor da última seção cônica deve ser igual ao valor do diâmetro do *underflow* ou senão um aviso de erro aparecerá.

Conical section				
No.	Angle	Height	Value	Diameter
<input checked="" type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	810	15
<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	35	0
<input type="radio"/> 3	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	30	0
<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	20	0

Figura 5: Preenchimento das dimensões da seção cônica

2.4 Comprimento de tubos e espessuras de paredes

Através da Figura 6, é possível configurar o comprimento total dos tubos de entrada **LI** (medido a partir da região central do hidrociclone), do tubo de *overflow* **LO** (medido a partir do extremo superior do hidrociclone, descontado o comprimento do *vortex finder*) e do tubo de *underflow* **LU** (medido a partir do extremo inferior do hidrociclone).

Também é possível configurar a espessura das paredes do *vortex finder* **W_VF** e do *overflow* anular **W_Oc** (se o *overflow* for concêntrico).

Length of the pipes			
L_I	50.	L_O	50.
L_U	64.		
Wall thickness			
W_VF	1.	W_Oc	1.

Figura 6: Preenchimento dos comprimentos e espessuras dos tubos

2.5 Overflow

Para a criação do *overflow*, de acordo com a Figura 7, é utilizado um *radiobutton* para decidir se o *overflow* será simples ou concêntrico.

Em seguida, basta digitar o diâmetro do *overflow* e o comprimento do *vortex finder* (parte do *overflow* inserido no corpo do hidrociclone).

Se o *overflow* for concêntrico, será habilitado mais duas caixas de texto para digitar o diâmetro (interno) do *overflow* anular, e para o comprimento do *vortex finder* do mesmo.

Deve-se levar em conta a espessura da parede do *overflow* concêntrico. Por exemplo, se $D_O = 10$, $D_{Oc} = 4$ e $W_{Oc} = 1$, então a distância entre os dois *vortex finders* será de $D_O - (D_{Oc} + 2*W_{Oc}) = 4$.

Por último, existe a possibilidade de escolher o tipo de *O-H grid mesh*, conforme a Figura 3, no *radiobutton*. Se o usuário pretende utilizar a ferramenta *grid* → *solve* no *Pointwise*, aconselha-se o uso do tipo retangular.

Concentric overflow pipe?
☒ no ☐ yes

Overflow pipe(s) dimension

D_O	10.	V_F	48.
D_Oc	0.	V_F2	0.

O-H grid mesh in overflow pipe(s)

☒ square ☐ r-square
☐ circle ☐ octagonal

Figura 7: Preenchimento das dimensões do *overflow*

2.6 Entrada(s)

Conforme a Figura 8, é possível gerar *database* de hidrociclones com uma entrada, duas entradas (simétricas em 180 graus com relação ao eixo z) ou quatro entradas (simétricas em 90 graus com relação ao eixo z). Basta escolher a opção desejada no *radiobutton* relativo ao número de entradas.

Um outro *radiobutton* permite a escolha do tipo de entrada cilíndrica ou retangular. Dependendo do tipo de entrada, algumas opções estarão ou não disponíveis.

Para entrada cilíndrica, o diâmetro D_I é habilitado, em caso contrário, o comprimento A_I e a altura B_I são habilitados. Em ambos os casos, pode-se inserir um espaço H_I , que é a altura entre a parte superior do corpo do hidrociclone e da entrada, na seção cilíndrica.

Se o tipo de entrada escolhido for cilíndrico, um terceiro *radiobutton* é disponibilizado para a escolha do tipo de *O-H grid mesh* desejado (se for retangular não há necessidade de uso do *O-H grid mesh*).

É possível também, mover a entrada em direção ao centro do hidrociclone, de acordo com a Figura 9.

Number of inlet pipe(s)?	
<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2
<input type="radio"/> 4	
Type of inlet pipe(s)?	
<input type="radio"/> rectangle	<input checked="" type="radio"/> cylinder
Inlet pipe(s) dimension	
D_I 7.5	H_I 0.
A_I 5.	B_I 23.
O-H grid mesh in inlet pipe(s)	
<input type="radio"/> square	<input checked="" type="radio"/> r-square
<input type="radio"/> circle	<input type="radio"/> octagonal
Move inlet pipe(s) 1.	
Max angle 120	<input type="checkbox"/> Aux lines

Figura 8: Preenchimento das dimensões da(s) entrada(s)

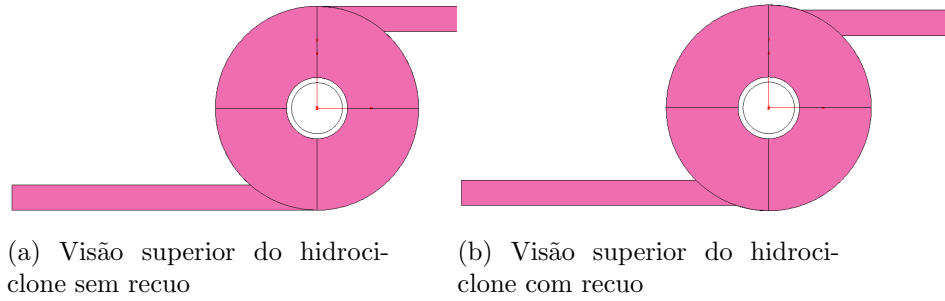


Figura 9: Diferenças entre a entrada sem recuo e com recuo de valor 1.

No caso da entrada cilíndrica, pode-se modificar o ângulo máximo do *O-H grid mesh*. Uma visão detalhada é mostrada na Subseção 2.8.

No caso de entrada retangular, pode-se efetuar um corte entre o tubo de entrada e a sua conexão com a seção cilíndrica, conforme a Figura 10, para isto basta habilitar o tubo de entrada retangular e o *checkbox* de linha auxiliar (*Aux lines*). Este corte calcula a área aproximada delimitada pela Figura 10a e estipula o corte no tubo de entrada através da solução numérica de uma integral definida.

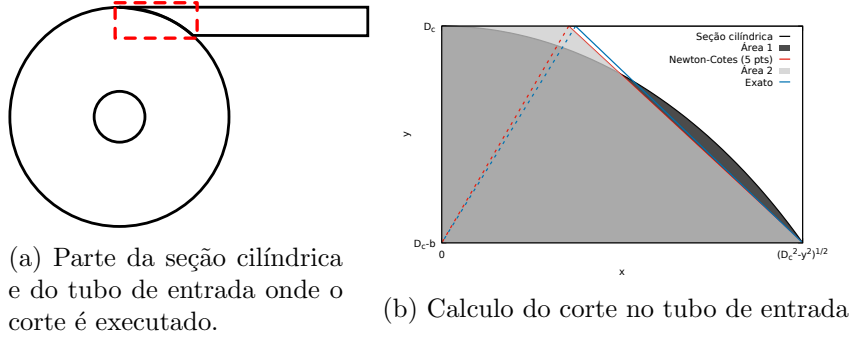


Figura 10: Corte entre a seção cilíndrica e o tubo de entrada.

2.7 Rotação automática em relação aos eixos

Todas as seções do *database* de hidrociclone são subdivididas em quatro partes de 90 graus, e são rotacionadas automaticamente em relação aos eixos x , y e z , para centralizar os tubos de entrada conforme a Figura 11.

Outro exemplo é a rotação automática do *O-H grid mesh* do tubo de entrada (em relação ao eixo x ou y), mostrado na Subseção 2.8.

Rotation of the axis	X	30.0	Y	30.0	Z	8.4524
----------------------	---	------	---	------	---	--------

Figura 11: Rotação automática através dos eixos x , y e z em graus.

Utilizando todos os parâmetros da Figura 2 e executando o *script*, é gerado um *database* com visão superior conforme a Figura 12.

2.8 Rotação do ângulo máximo no *O-H grid mesh* do tubo de entrada

É possível aumentar o ângulo máximo da topologia *O-H grid mesh* no tubo de entrada, com o intuito de recortar o maior tamanho possível de tubo próximo à seção cilíndrica. A comparação entre o *O-H grid mesh* com o ângulo máximo de 120 graus, comparado ao *O-H grid mesh* uniforme, é mostrado na Figura 13.

Este recorte permite o *meshing* direto da porção final do tubo de entrada com a parede do *vortex finder*, reduzindo significativamente o *skewness* máximo na malha do hidrociclone.

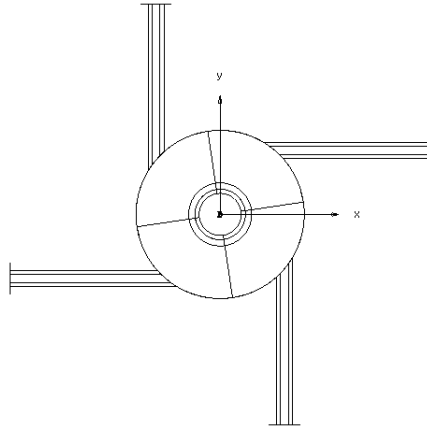


Figura 12: Visão superior do *database* gerado com os parâmetros da Figura 2. As entradas são automaticamente centralizadas em relação a cada parte do corpo do hidrociclone.

2.9 Execução do *script*

Basta pressionar o botão ***Execute***, para gerar o *database* do hidrociclone desejado. Um *pop-up* aparecerá quando o *script* terminar de ser executado.

Se estiver correto, basta pressionar o botão ***Quit***, para que o *script* seja interrompido e o usuário possa se "divertir" com a geração de malha.

Um exemplo de *database* feito pelo **Glyph** é mostrado na Figura 14.

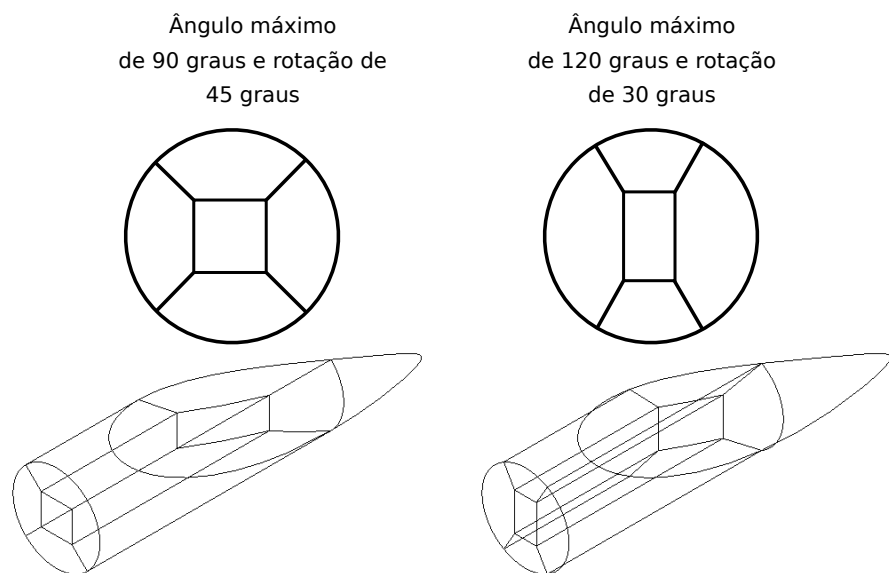


Figura 13: Diferenças entre o tubo de entrada com *O-H grid mesh* uniforme, e com ângulo máximo de 120° .

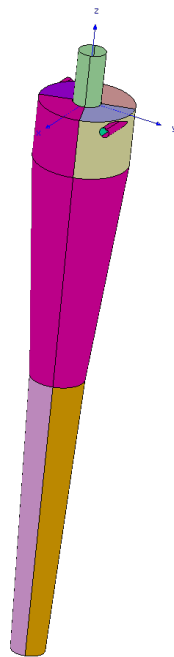


Figura 14: Exemplo de *database* gerado pelo **Glyph**.