

D ESTIMATIVA DOS TEMPOS DE ESCOAMENTO DAS COLUNAS LÍQUIDAS E DIMENSIONAMENTO DA ÁREA DAS POÇAS

D.1 ESTIMATIVA DOS TEMPOS DE ESCOAMENTO DAS COLUNAS LÍQUIDAS

Os tempos para esgotamento das colunas líquidas foram obtidos através de simulação, considerando-se, para cada ponto de estudo, um vaso completamente cheio, cuja capacidade volumétrica é igual ao volume da coluna líquida (V_1) e a altura é igual a maior diferença de cota (ΔH), sendo o ponto de descarga na base do vaso (cota = 0 m), de diâmetro (θ)

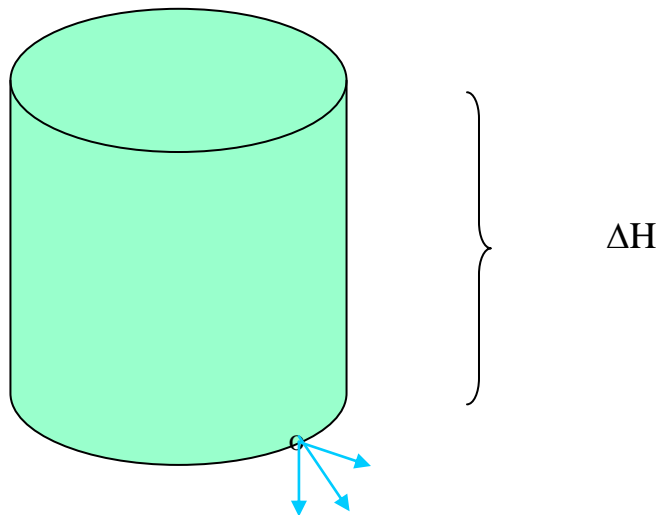


Figura D - 1: Vaso Idealizado para o Cálculo

A vazão mássica (m_u) efluente do vaso é obtida através da seguinte equação:

$$m_u = C_D A_u \rho_1 [2(p_h - p_a) \rho_1^{-1} + 2gh]^{1/2}$$

sendo:

p_a : pressão atmosférica
 C_D : coeficiente de descarga

- ρ_l : densidade do líquido
 p_h : pressão no vaso na altura do líquido
 h : diferença de altura entre o nível do líquido e o furo
 g : aceleração da gravidade

Conforme visto anteriormente nas tabelas C - 1 a C - 3 do anexo C e na tabela 5 - 3 do Capítulo 5, reapresentados os volumes totais da coluna líquida disponível para escoar sob a ação gravitacional no o duto de etanol. Os dados da tabela a seguir, são input das simulações apresentadas no item D.1.1, onde foram estimados os tempos de escoamento das colunas líquidas para cada ponto selecionado no Capítulo 4 deste EAR.

Tabela D - 1: Volumes Totais da Coluna Líquida e Volumes Vazados sob Ação Gravitacional

Ponto / Localização		ΔH (m)	Volume Total da Coluna (m³)
27	Rod. Bandeirantes - Jardim Morumbi	112	1.663
104	Rodoanel Mario Covas - COHAB Presidente Castelo Branco	160	2070
274	Faixa de Dutos - Jardim Maria Helena	203	80
290	Faixa de Dutos - Bairro Jardim Nevada	202	242
293	Faixa de Dutos - Bairro Parque Pereira	217	272

D1.1 - Duto de Etanol

PN 27- Furo de 5%

Simulação do escoamento total da coluna líquida - tempo necessário para escoamento total da coluna líquida.

Case description: PT 27_5%

Model: Liquid release

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters	
Inputs	
Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,03556
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	1662,8
Height cylinder (m)	112
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until device is empty
Maximum release duration (s)	
Results	
Initial mass in vessel (kg)	1,3067E06
Mass flow rate at time t (kg/s)	
Total mass released (kg)	1,3067E06
Time needed to empty vessel (s)	1,1409E05
Filling degree at time t (%)	
Height of liquid at time t (m)	
Maximum mass flow rate (kg/s)	22,68
Representative release rate (kg/s)	22,645
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151
Other information	
Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

Simulação do escoamento total da coluna líquida - tempo de escoamento da coluna líquida limitado a 6 horas - massa efetivamente vazada.

Case description: PT 27_5%_6horas

Model: Liquid release

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters

Inputs

Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,03556
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	1662,8
Height cylinder (m)	112
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until specified time
Maximum release duration (s)	21600

Results

Initial mass in vessel (kg)	1,3067E06
Mass flow rate at time t (kg/s)	18,405
Total mass released at time t (kg)	4,4595E05
Time needed to empty vessel (s)	
Filling degree at time t (%)	65,856
Height of liquid at time t (m)	73,758
Maximum mass flow rate (kg/s)	22,68
Representative release rate (kg/s)	22,645
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151

Other information

Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

PN 27 - Furo de 20%

Case description: PT 27_20%

Model: Liquid release

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters

Inputs	
Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,14224
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	1662,8
Height cylinder (m)	112
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until device is empty
Maximum release duration (s)	

Results

Initial mass in vessel (kg)	1,3067E06
Mass flow rate at time t (kg/s)	
Total mass released (kg)	1,3067E06
Time needed to empty vessel (s)	7130,3
Filling degree at time t (%)	
Height of liquid at time t (m)	
Maximum mass flow rate (kg/s)	362,88
Representative release rate (kg/s)	354,76
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151

Other information

Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

PN 104- Furo de 5%

Simulação do escoamento total da coluna líquida - tempo necessário para escoamento total da coluna líquida.

Case description: PT 104_5%**Model: Liquid release**

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters

Inputs

Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,03556
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	2070,5
Height cylinder (m)	160
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until device is empty
Maximum release duration (s)	

Results

Initial mass in vessel (kg)	1,6271E06
Mass flow rate at time t (kg/s)	
Total mass released (kg)	1,6271E06
Time needed to empty vessel (s)	1,1878E05
Filling degree at time t (%)	
Height of liquid at time t (m)	
Maximum mass flow rate (kg/s)	27,108
Representative release rate (kg/s)	27,068
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151

Other information

Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

Simulação do escoamento total da coluna líquida - tempo de escoamento da coluna líquida limitado a 6 horas - massa efetivamente vazada.

Case description: PT 104_5%_6 horas

Model: Liquid release

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters	
Inputs	
Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,03556
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	2070,5
Height cylinder (m)	160
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until specified time
Maximum release duration (s)	21600
Results	
Initial mass in vessel (kg)	1,6271E06
Mass flow rate at time t (kg/s)	22,204
Total mass released at time t (kg)	5,3523E05
Time needed to empty vessel (s)	
Filling degree at time t (%)	67,09
Height of liquid at time t (m)	107,34
Maximum mass flow rate (kg/s)	27,108
Representative release rate (kg/s)	27,068
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151
Other information	
Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

PN 106 - Furo de 20%**Case description: PT 104_20%****Model: Liquid release**

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters

Inputs

Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,14224
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	2070,5
Height cylinder (m)	160
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until device is empty
Maximum release duration (s)	

Results

Initial mass in vessel (kg)	1,6271E06
Mass flow rate at time t (kg/s)	
Total mass released (kg)	1,6271E06
Time needed to empty vessel (s)	7423,9
Filling degree at time t (%)	
Height of liquid at time t (m)	
Maximum mass flow rate (kg/s)	433,73
Representative release rate (kg/s)	424,36
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151

Other information

Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

PN 274- Furo de 5%

Simulação do escoamento total da coluna líquida - tempo necessário para escoamento total da coluna líquida.

Case description: PT 274_5%

Model: Liquid release

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters

Inputs

Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,01016
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	79
Height cylinder (m)	203
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until device is empty
Maximum release duration (s)	

Results

Initial mass in vessel (kg)	62085
Mass flow rate at time <i>t</i> (kg/s)	
Total mass released (kg)	62085
Time needed to empty vessel (s)	49325
Filling degree at time <i>t</i> (%)	
Height of liquid at time <i>t</i> (m)	
Maximum mass flow rate (kg/s)	2,4926
Representative release rate (kg/s)	2,4837
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151

Other information

Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

Simulação do escoamento total da coluna líquida - tempo de escoamento da coluna líquida limitado a 6 horas - massa efetivamente vazada.

Case description: PT 274_5%_6 horas

Model: Liquid release

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters	
Inputs	
Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,01016
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	79
Height cylinder (m)	203
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until specified time
Maximum release duration (s)	21600
Results	
Initial mass in vessel (kg)	62085
Mass flow rate at time t (kg/s)	1,4049
Total mass released at time t (kg)	42304
Time needed to empty vessel (s)	
Filling degree at time t (%)	31,766
Height of liquid at time t (m)	64,484
Maximum mass flow rate (kg/s)	2,4926
Representative release rate (kg/s)	2,4837
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151
Other information	
Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

PN 274 - Furo de 20%

Case description: PT 274_20%

Model: Liquid release

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters	
Inputs	
Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,04064
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	79
Height cylinder (m)	203
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until device is empty
Maximum release duration (s)	
Results	
Initial mass in vessel (kg)	62085
Mass flow rate at time t (kg/s)	
Total mass released (kg)	62085
Time needed to empty vessel (s)	3082,8
Filling degree at time t (%)	
Height of liquid at time t (m)	
Maximum mass flow rate (kg/s)	39,882
Representative release rate (kg/s)	38,167
Representative outflow duration (s)	1627
Representative pressure (bar)	1,0151
Other information	
Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

PN 290- Furo de 5%

Simulação do escoamento total da coluna líquida - tempo necessário para escoamento total da coluna líquida.

Case description: PT 290_5%**Model: Liquid release**

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters	
Inputs	
Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,01524
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	241,8
Height cylinder (m)	202
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until device is empty
Maximum release duration (s)	
Results	
Initial mass in vessel (kg)	1,9003E05
Mass flow rate at time t (kg/s)	
Total mass released (kg)	1,9003E05
Time needed to empty vessel (s)	67109
Filling degree at time t (%)	
Height of liquid at time t (m)	
Maximum mass flow rate (kg/s)	5,5945
Representative release rate (kg/s)	5,5798
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151
Other information	
Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

Simulação do escoamento total da coluna líquida - tempo de escoamento da coluna líquida limitado a 6 horas - massa efetivamente vazada.

Case description: PT 290_5%_6 horas

Model: Liquid release

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters

Inputs

Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,01524
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	241,8
Height cylinder (m)	202
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until specified time
Maximum release duration (s)	21600

Results

Initial mass in vessel (kg)	1,9003E05
Mass flow rate at time t (kg/s)	3,8051
Total mass released at time t (kg)	1,0202E05
Time needed to empty vessel (s)	
Filling degree at time t (%)	46,26
Height of liquid at time t (m)	93,445
Maximum mass flow rate (kg/s)	5,5945
Representative release rate (kg/s)	5,5798
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151

Other information

Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

PN 290 - Furo de 20%**Case description: PT 290_20%****Model: Liquid release**

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters

Inputs

Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,06096
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	241,8
Height cylinder (m)	202
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until device is empty
Maximum release duration (s)	

Results

Initial mass in vessel (kg)	1,9003E05
Mass flow rate at time t (kg/s)	
Total mass released (kg)	1,9003E05
Time needed to empty vessel (s)	4194,3
Filling degree at time t (%)	
Height of liquid at time t (m)	
Maximum mass flow rate (kg/s)	89,512
Representative release rate (kg/s)	86,409
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151

Other information

Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

PN 293- Furo de 5%

Simulação do escoamento total da coluna líquida - tempo necessário para escoamento total da coluna líquida.

Case description: PT 293_5%

Model: Liquid release

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters	
Inputs	
Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,01524
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	271,7
Height cylinder (m)	216,5
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until device is empty
Maximum release duration (s)	
Results	
Initial mass in vessel (kg)	2,1353E05
Mass flow rate at time t (kg/s)	
Total mass released (kg)	2,1353E05
Time needed to empty vessel (s)	72813
Filling degree at time t (%)	
Height of liquid at time t (m)	
Maximum mass flow rate (kg/s)	5,7918
Representative release rate (kg/s)	5,7778
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151
Other information	
Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

Simulação do escoamento total da coluna líquida - tempo de escoamento da coluna líquida limitado a 6 horas - massa efetivamente vazada.

Case description: PT 293_5%_6 horas

Model: Liquid release

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters

Inputs

Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,01524
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	271,7
Height cylinder (m)	216,5
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until specified time
Maximum release duration (s)	21600

Results

Initial mass in vessel (kg)	2,1353E05
Mass flow rate at time t (kg/s)	4,0852
Total mass released at time t (kg)	1,0721E05
Time needed to empty vessel (s)	
Filling degree at time t (%)	49,749
Height of liquid at time t (m)	107,71
Maximum mass flow rate (kg/s)	5,7918
Representative release rate (kg/s)	5,7778
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151

Other information

Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

PN 293 - Furo de 20%

Case description: PT 293_20%

Model: Liquid release

version: 5.08 (27/01/2014)

Reference: Yellow Book, CPR-14E, 3rd edition 1997, Paragraph 2.5.4

Parameters	
Inputs	
Chemical name	ETHANOL (DIPPR)
Use which representative step	First 20% average (flammable)
Type of vessel outflow	Release through hole in vessel
Pipeline length (m)	
Pipeline diameter (mm)	
Pipeline roughness (mm)	
Hole diameter (m)	0,06096
Hole rounding	Sharp edges
Discharge coefficient (-)	0,62
Vessel type	Vertical cylinder
Vessel volume (m3)	271,7
Height cylinder (m)	216,5
Filling degree (%)	100
Overpressure above liquid (assuming closed system) (bar)	0
Height leak above tank bottom (m)	0
Initial temperature in vessel (°C)	25
Type of calculation	Calculate until device is empty
Maximum release duration (s)	
Results	
Initial mass in vessel (kg)	2,1353E05
Mass flow rate at time t (kg/s)	
Total mass released (kg)	2,1353E05
Time needed to empty vessel (s)	4550,8
Filling degree at time t (%)	
Height of liquid at time t (m)	
Maximum mass flow rate (kg/s)	92,669
Representative release rate (kg/s)	89,653
Representative outflow duration (s)	1800
Representative pressure (bar)	1,0151
Other information	
Main program	Effects 9.0.15.7718
Chemical database	DIPPR database
Chemical source	
Chemical source date	

Na tabela D - 1 foram reapresentados os volumes totais da coluna líquida disponível para escoar sob a ação gravitacional no o duto de etanol. A tabela a seguir traz, além dessa informação, o volume da coluna líquida (obtido através das simulações apresentadas) que efetivamente vazará para os furos 5% e 20% até o tempo limite de contenção de vazamento, igual a 6 horas.

Tabela D - 2: Volumes Totais da Coluna Líquida e Volumes Vazados sob Ação Gravitacional

Ponto Notável	ΔH (m)	Volume (m³)		
		Total da Coluna	Volume Efetivamente Vazado	
PT 27	112	1663	Furo 5%	567
			Furo 20%	1663
			Ruptura ^a	1663
PT 104	160	2070	Furo 5%	681
			Furo 20%	2070
			Ruptura	2070
PT 274	203	80	Furo 5%	54
			Furo 20%	80
			Ruptura	80
PT 290	202	242	Furo 5%	130
			Furo 20%	242
			Ruptura	242
PT 293	217	272	Furo 5%	136
			Furo 20%	272
			Ruptura	272

^a O vazamento devido à ruptura é considerado instantâneo, ou seja, não houve a necessidade de realizar simulações para avaliar quanto desse inventário vazaria. É assumido que vazará tudo.

D.2 Dimensões da Poça Formada Devido ao Vazamento em Dutos Enterrados

Ressaltamos que a avaliação apresentada a seguir é empírica uma vez que não podemos prever com precisão o real comportamento do escoamento do fluido em caso de vazamento/ruptura em duto enterrado nos locais em análise.

D.2.1 Área da Poça Formada Devido ao Vazamento em Dutos Enterrados

Com relação à área de espalhamento (área da poça), em função da ocorrência de espalhamento livre nas regiões em estudo, com delimitação da área em função da topografia local, a área da poça foi definida com base em levantamentos realizados em área (topografia do relevo local) e a partir de informações de referências internacionais relativas à determinação de áreas de espalhamento, tendo sido propostas situações de espalhamento para este estudo.

Segundo o relatório "*Status of Models for Land Surface Spills of Nonaqueous Liquids*" publicado pela PNNL (*Pacific Northwest National Laboratory*) em 2003, a previsão de modelos para determinação de áreas de espalhamento de líquidos é um trabalho em desenvolvimento, ou seja, devido às diversas variáveis envolvidas não há um modelo capaz de realizar a devida previsão do comportamento da substância vazada conforme as características do local do vazamento.

Health & Safety Executive (HSE) descreve, em seu relatório "*Report on a Second Study of Pipeline Accidents Using the Health and Safety Executive's Risk Assessment Programs MISHAP and PIPERS (Research Report 036)*", de 2002, que a conformação da poça de líquido formada durante um vazamento é influenciada pela topografia local, e que os modelos de modelos de incêndio em poça assumem formato circular para a mesma, sendo sugerido pelo mesmo um diâmetro máximo de 100 metros, equivalente a uma área de espalhamento de 7854 m².

Já a Norma CETESB P4.261 determina que para estudos de escoamento de líquidos sem contenção deve-se assumir um espalhamento livre com lâmina de líquido de 0,03 metros de espessura.

De acordo com a referência *“Methods for the Calculation of Physical Effects”* publicada pelo Vrom (*Ministerie Van Verkeer en Waterstaat*) em 2005, a espessura da lâmina de líquido indicada para estudos de escoamento de líquidos sem contenção é de, no mínimo, 0,005 metros, sendo sugerido, também, assumir um tamanho de poça máximo baseado na topografia da região e no julgamento de especialistas.

Ainda segundo o relatório CONCAWE (*Conservation of Clean Air and Water in Europe*) denominado *“Performance of European Cross-Country Oil Pipelines - Statistical Summary of Reported Spillages in 2011 and since 1971”*, publicado em abril de 2013, as áreas de espalhamento dos vazamentos de líquidos ocorridos/registrados entre 1971 e 2011 estão situadas, em grande maioria, entre 100 m² e 999 m², sendo seguida de vazamentos com área de espalhamento entre 1.000 m² e 9.999 m², conforme pode ser observado na figura a seguir.

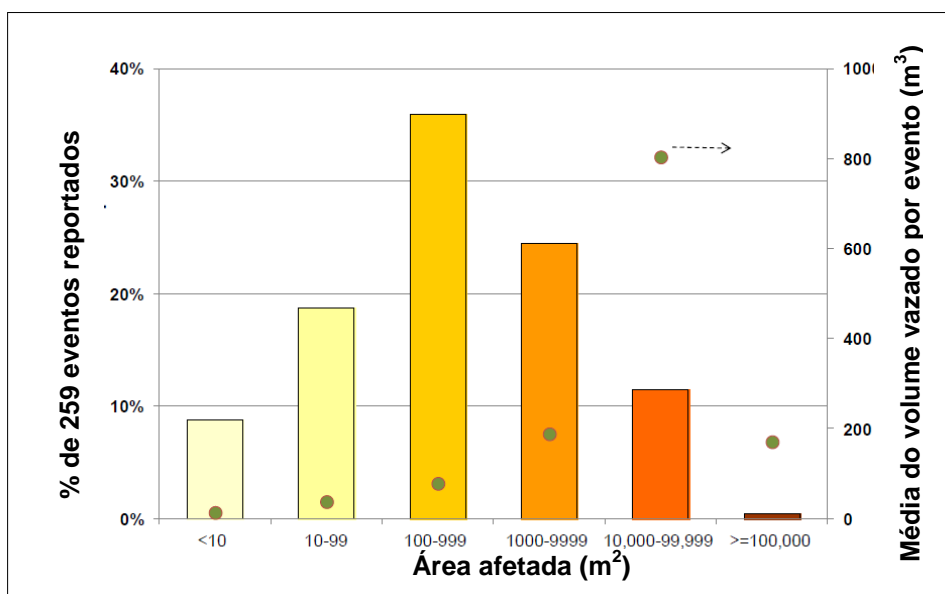


Figura D - 2: Áreas de espalhamento registrados entre 1971 e 2011 segundo CONCAWE

Conforme pode ser observado na figura acima, cerca de 90% dos vazamentos são limitados a áreas de espalhamento de até 9.999 m².

Desta forma foi proposto, para o desenvolvimento deste estudo nas regiões de interesse (Pontos Notáveis em análise), a determinação de uma área máxima de espalhamento de aproximadamente 10.000 m², sendo este valor superior a área proposta por *HSE* (2002), o qual é de 7.854 m², e superior a 90% da área de espalhamento observada em ocorrências em dutos de líquidos inflamáveis, conforme apresentado pelo *CONCAWE*.

Juntamente com a definição desta área máxima foi considerada também uma altura de lâmina de líquido de 0,03 m, conforme definido pela Norma CETESB P4.261, de modo a restringir a área de espalhamento para as situações em que a razão entre o volume vazado e a altura da lâmina de líquido considerada seja inferior à área de espalhamento máximo considerada (10.000 m²).

Quando o volume total vazado espalhado em lâmina de líquido de 0,03 m vazado for inferior a 10.000 m², a área máxima da poça será limitada ao valor obtido, e quando superior será proposto espalhamento conforme indicado para cada ponto notável. A Tabela D - 3 mostra os possíveis valores de área máxima de espalhamento para o espalhamento livre com lâmina de líquido de 0,03 m.

Tabela D - 3: Possíveis valores de área máxima de espalhamento. Utilizando espalhamento livre em lâmina de líquido de 0,03 m.

Ponto / Localização		Furo 5% D		Furo 20% D		Ruptura	
		Volume Vazado (m³)	Área máxima da Poça (m²)	Volume Vazado (m³)	Área máxima da Poça (m²)	Volume Vazado (m³)	Área máxima da Poça (m²)
27	Rod. Bandeirantes - Jardim Morumbi	597	19900	1850	61667	1850	61667
104	Rodoanel Mario Covas - COHAB Presidente Castelo Branco	707	23567	2257	75233	2257	75233
274	Faixa de Dutos - Jardim Maria Helena	56	1867	93	3100	93	3100
290	Faixa de Dutos - Bairro Jardim Nevada	134	4467	252	8400	252	8400
293	Faixa de Dutos - Bairro Parque Pereira	140	4667	266	8867	266	8867

Como pode ser observado pela tabela anterior, para o PTs 274, 290 e 293 a área máxima possível para o espalhamento deverá ser a de espalhamento livre com lâmina de líquido de 0,03 m por apresentar área inferior a 10.000 m². Portanto, para os demais Pontos/Classes de Vazamento as áreas máximas de espalhamento a serem consideradas deverão ser propostas em função das características intrínsecas a cada região, considerando-se basicamente a presença de vias (ruas, avenidas, estradas e acessos), o relevo da região (decaimentos, vales, morros, etc) e a presença de construções. As áreas de espalhamento propostas são apresentadas e calculadas a seguir, através de polígonos feitos sobre imagens aéreas.

♦ **PT 27 - Rod. Bandeirantes - Jardim Morumbi**



Figura D - 3: Região de formação da poça - PT 27 - Área estimada em 10013 m².

♦ **PT 104 - Rodoanel Mario Covas - COHAB Presidente Castelo Branco**

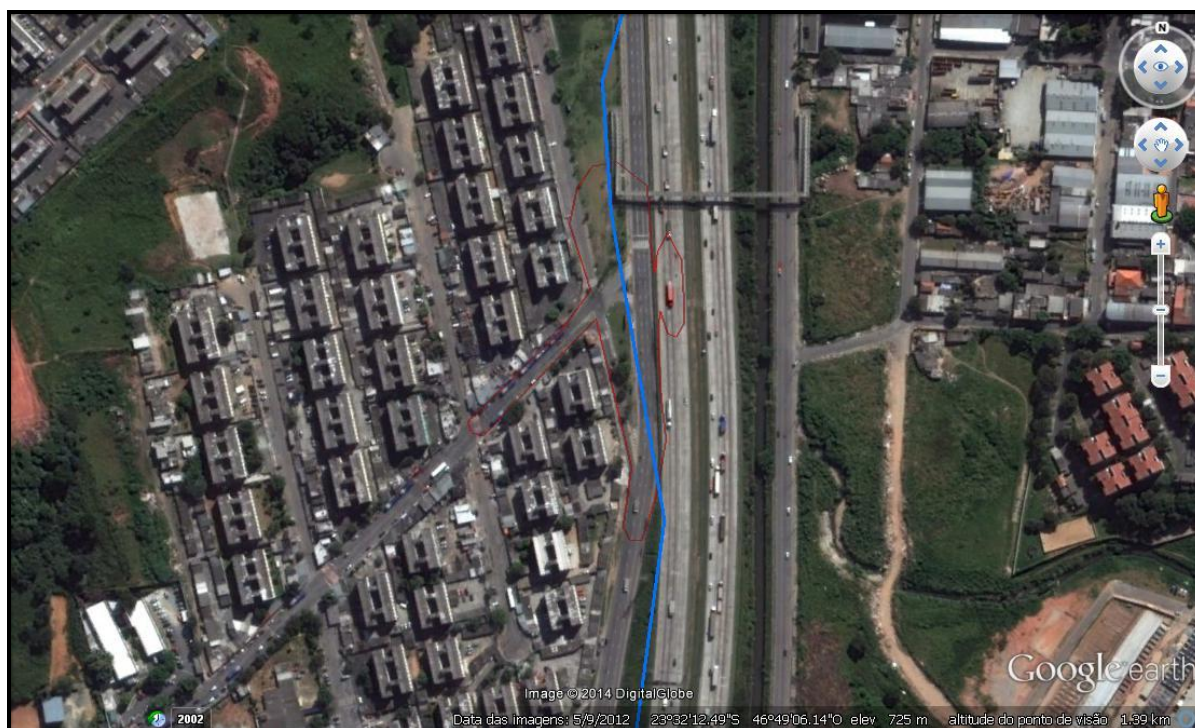


Figura D- 4: Região de formação da poça - PT 104 - Área estimada em 10083 m².

♦ **PT 274 - Faixa de Dutos - Jardim Maria Helena**

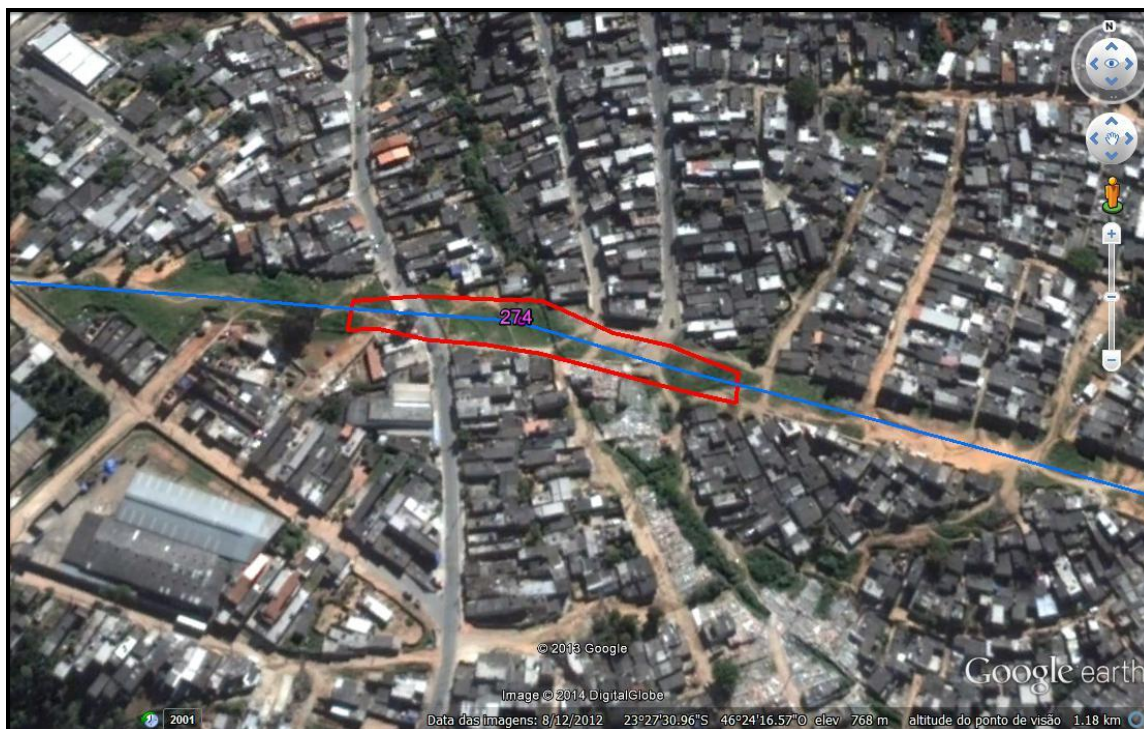


Figura D - 5: Região Máxima de formação da poça - PT 274^b - Área estimada em 3100 m²

^b Deve-se ressaltar que a área demarcada para o espalhamento nos pontos 274, 290 e 296 tem caráter somente ilustrativo, tendo em vista que o maior inventário vazado neste ponto, quando distribuído em lâmina de líquido de 3 cm, alcança uma área máxima possível de espalhamento inferior a 10.000 m². Desse modo, entende-se que esses inventários poderão se espalhar por qualquer parte das áreas demarcadas, mas nunca por áreas superiores as demarcadas, tendo em vista que as demarcações representam as áreas máximas de espalhamento livre de líquido em lâmina de 3 cm.

♦ **PT 290 - Faixa de Dutos - Bairro Jardim Nevada**



Figura D - 6: Região Máxima de formação da poça - PT 290^b - Área estimada em 8400 m².

♦ **PT 293 - Faixa de Dutos - Bairro Parque Pereira**



Figura D - 7: Região Máxima de formação da poça - PT 293^b - Área estimada em 8.867m².

D.2.2 Altura da Poça Formada Devido ao Vazamento em Dutos Enterrados

De acordo com as premissas anteriormente apresentadas e imagens aéreas foram estimadas as possíveis áreas máximas de formação das poças e calculadas as respectivas lâminas de líquido.

Tabela D - 4: Estimativa das lâminas de líquido.

Ponto		Furo 5% D			Furo 20% D			Ruptura		
		Volume Vazado (m³)	Área máxima da Poça (m²)	Lâmina de Líquido (m)	Volume Vazado (m³)	Área máxima da Poça (m²)	Lâmina de Líquido (m)	Volume Vazado (m³)	Área máxima da Poça (m²)	Lâmina de Líquido (m)
27	Jardim Morumbi	597	10013	0,06	1850	10013	0,18	1850	10013	0,18
104	COHAB Presidente Castelo Branco	707	10083	0,07	2257	10083	0,22	2257	10083	0,22
274	Dutos - Jardim Maria Helena	56	1867	0,03	93	3100	0,03	93	3100	0,03
290	Bairro Jardim Nevada	134	4467	0,03	252	8400	0,03	252	8400	0,03
293	Bairro Parque Pereira	140	4667	0,03	266	8867	0,03	266	8867	0,03