



Universidade Federal  
de Santa Catarina

**LabEEE**

Laboratório de Eficiência  
Energética em Edificações



# Programa computacional Netuno para o dimensionamento de reservatórios visando o aproveitamento de água pluvial em edificações

Professor: Enedir Ghisi, *PhD*  
Acadêmico: Davi Fonseca

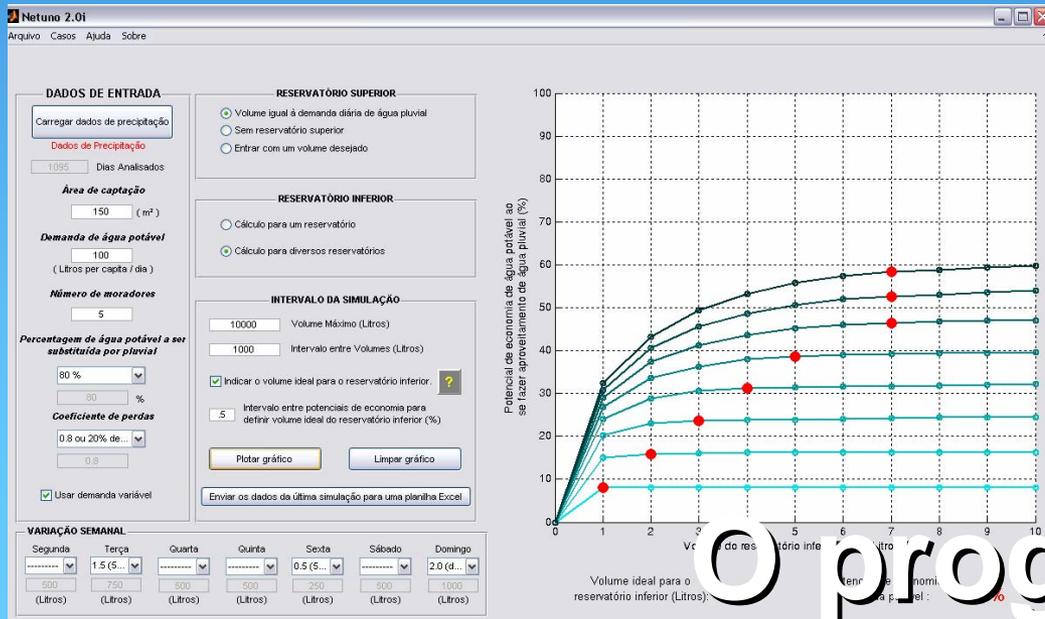
# Metodologia para Construção do programa Netuno

- Possibilitar a entrada de séries com um grande número de dados.
- Versatilidade na construção de gráficos.
- MATLAB dispõe de certas funções que permitem exportar e importar dados de planilhas eletrônicas criadas no software EXCEL®.

**Linguagem adotada: MatLab**

# Metodologia para Construção do programa Netuno

- Permite avaliar o volume ideal do reservatório de água pluvial a ser usado em edificações levando em consideração o potencial de economia de água potável.



programa Netuno

# Metodologia para Construção do programa Netuno

- Realiza os cálculos diariamente considerando a demanda e a disponibilidade de água pluvial.

- Dados de entrada:

- Precipitação pluviométrica diária;

- Área de captação;

- Coeficiente de perdas;

- Demanda diária de água potável per capita;

- Número de moradores;

- Porcentagem de água potável que pode ser substituída por pluvial;

- Volume do reservatório de armazenamento;

## Algoritmo do Programa Netuno

# Metodologia para Construção do programa Netuno

- 1º passo

- Volume de água pluvial que escoa pela superfície de captação diariamente ( $V_{ap}$ ).

$$V_{ap} = P \times A \times C_p$$

- Onde

$V_{ap}$	é o volume de água pluvial que escoa diariamente pela superfície de captação (litros/dia por residência);
$P$	é a precipitação pluviométrica diária local (mm/dia = litros/m <sup>2</sup> por dia);
$A$	é a área de captação em cada residência (m <sup>2</sup> );
$C_p$	é o coeficiente de perdas (adimensional);

## Seqüência de cálculos do algoritmo do Netuno

# Metodologia para Construção do programa Netuno

- 2º passo

- Volume de água pluvial consumido diariamente ( $V_c$ ).

Volume de água pluvial disponível no reservatório para suprir a demanda

$$V_c = \min \begin{cases} D_p \times D \times n \\ VR_{da} + V_{ap} \end{cases}$$

Demanda diária de água pluvial

- Onde

$V_c$	é o volume de água pluvial consumido diariamente (litros);
$D_p$	é a demanda diária de água pluvial (adimensional; % da demanda de água potável);
$D$	é a demanda diária de água potável (litros per capita/dia);
$n$	é o número de moradores (adimensional);
$VR_{da}$	é o volume de água pluvial do dia anterior disponível no reservatório (litros).
$V_{ap}$	é o volume de água pluvial que escoa diariamente pela superfície de captação (litros/dia);

## Seqüência de cálculos do algoritmo do Netuno

# Metodologia para Construção do programa Netuno

- 3º passo
- Volume de água pluvial disponível no reservatório após suprir totalmente ou parcialmente a demanda.

Reservatório estava cheio

$$VR = \min \begin{cases} VR_{da} + V_{ap} - V_c \\ VT - V_c \end{cases}$$

Reservatório estava parcialmente cheio

## • Onde

$V_c$	é o volume de água pluvial consumido diariamente (litros);
$D_p$	é a demanda diária de água pluvial (adimensional; % da demanda de água potável);
$D$	é a demanda diária de água potável (litros per capita/dia);
$n$	é o número de moradores (adimensional);
$VR_{da}$	é o volume de água pluvial do dia anterior disponível no reservatório (litros).
$V_{ap}$	é o volume de água pluvial que escoa diariamente pela superfície de captação (litros/dia);

# Seqüência de cálculos do algoritmo do Netuno

# Metodologia para Construção do programa Netuno

- 4º passo
- Potencial de economia de água potável.

$$P_e = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^d V_c}{D \times n \times d}$$

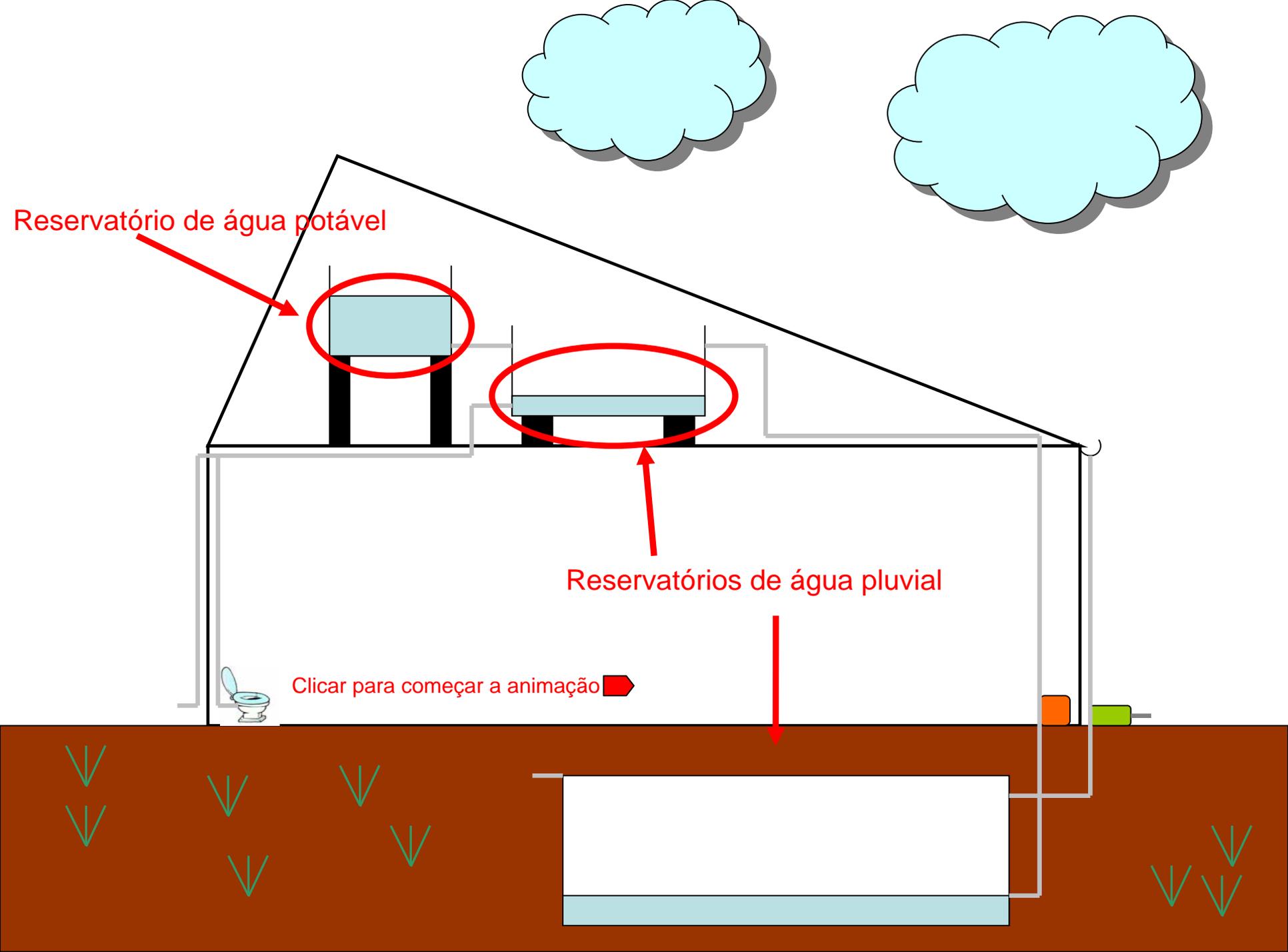
- Onde

$P_e$	é o potencial de economia de água potável estimado (%);
$V_c$	é o volume de água pluvial consumido diariamente (litros).
$D$	é a demanda diária de água potável (litros per capita/dia);
$n$	é o número de moradores (adimensional);
$d$	é o número de dias no período analisado;

## Seqüência de cálculos do algoritmo do Netuno

# Metodologia para Construção do programa Netuno

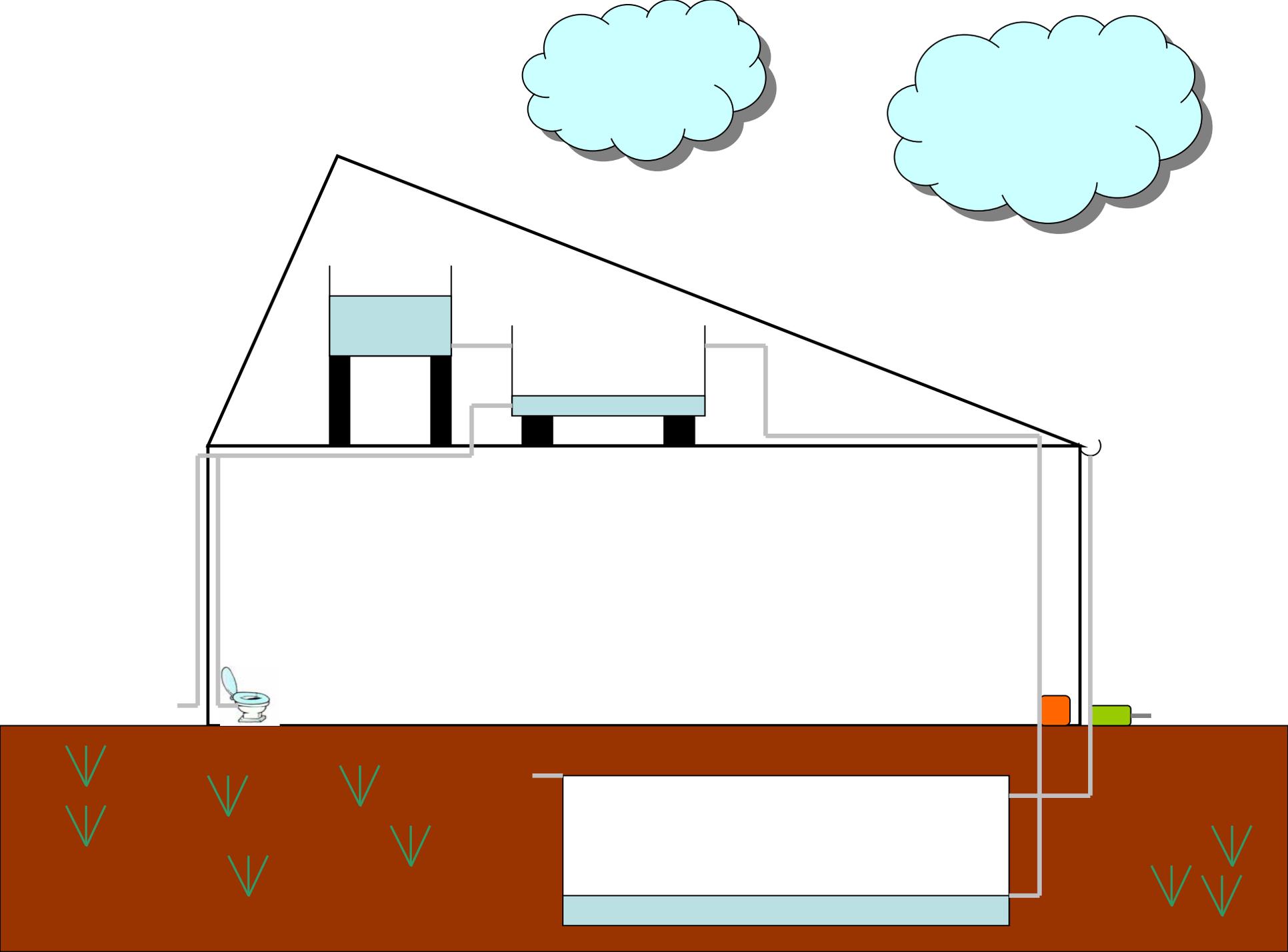
- A animação a seguir ajuda a entender a Seqüência de cálculos que o Programa Netuno utiliza.
- Representa um ciclo diário.

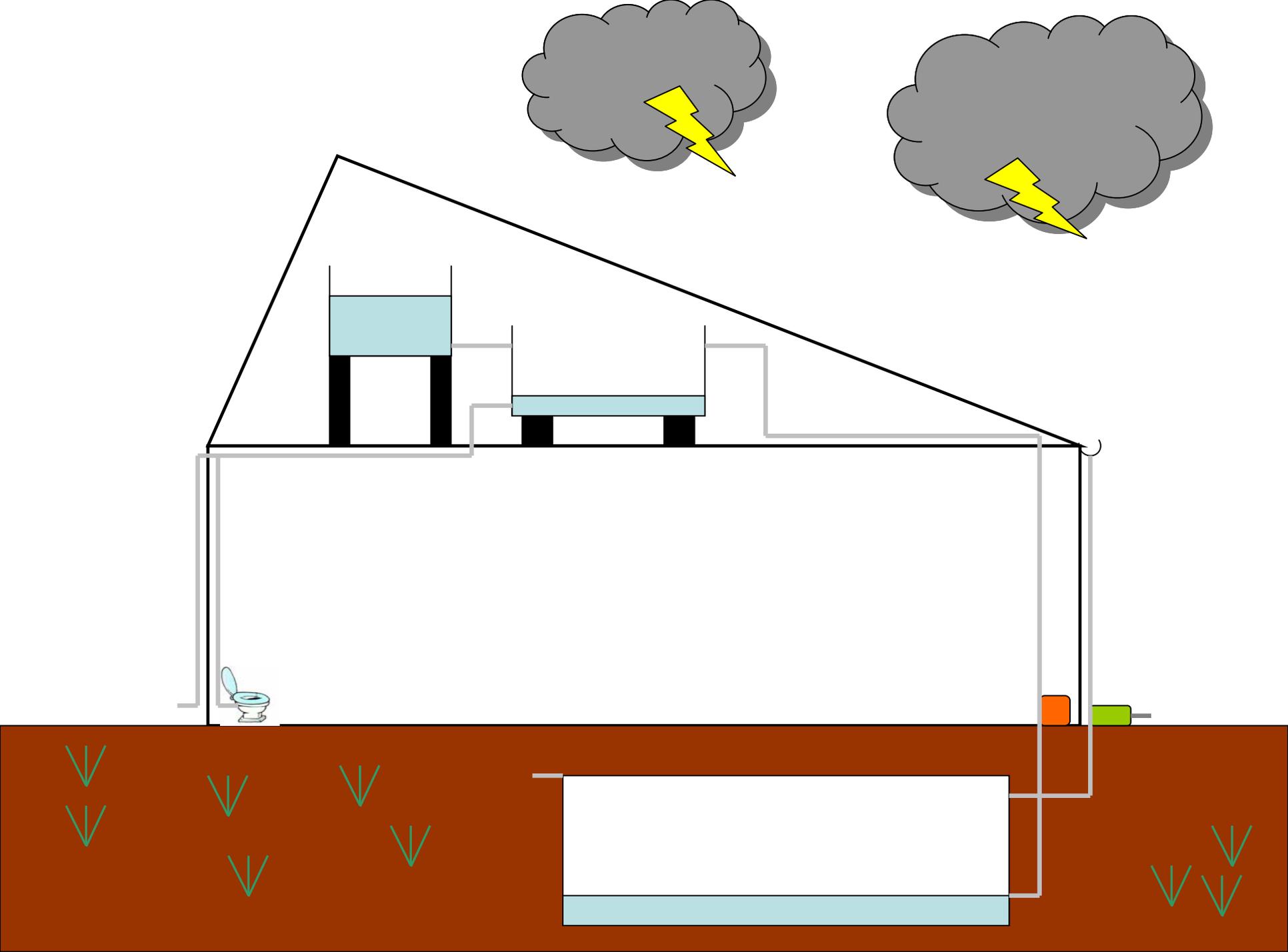


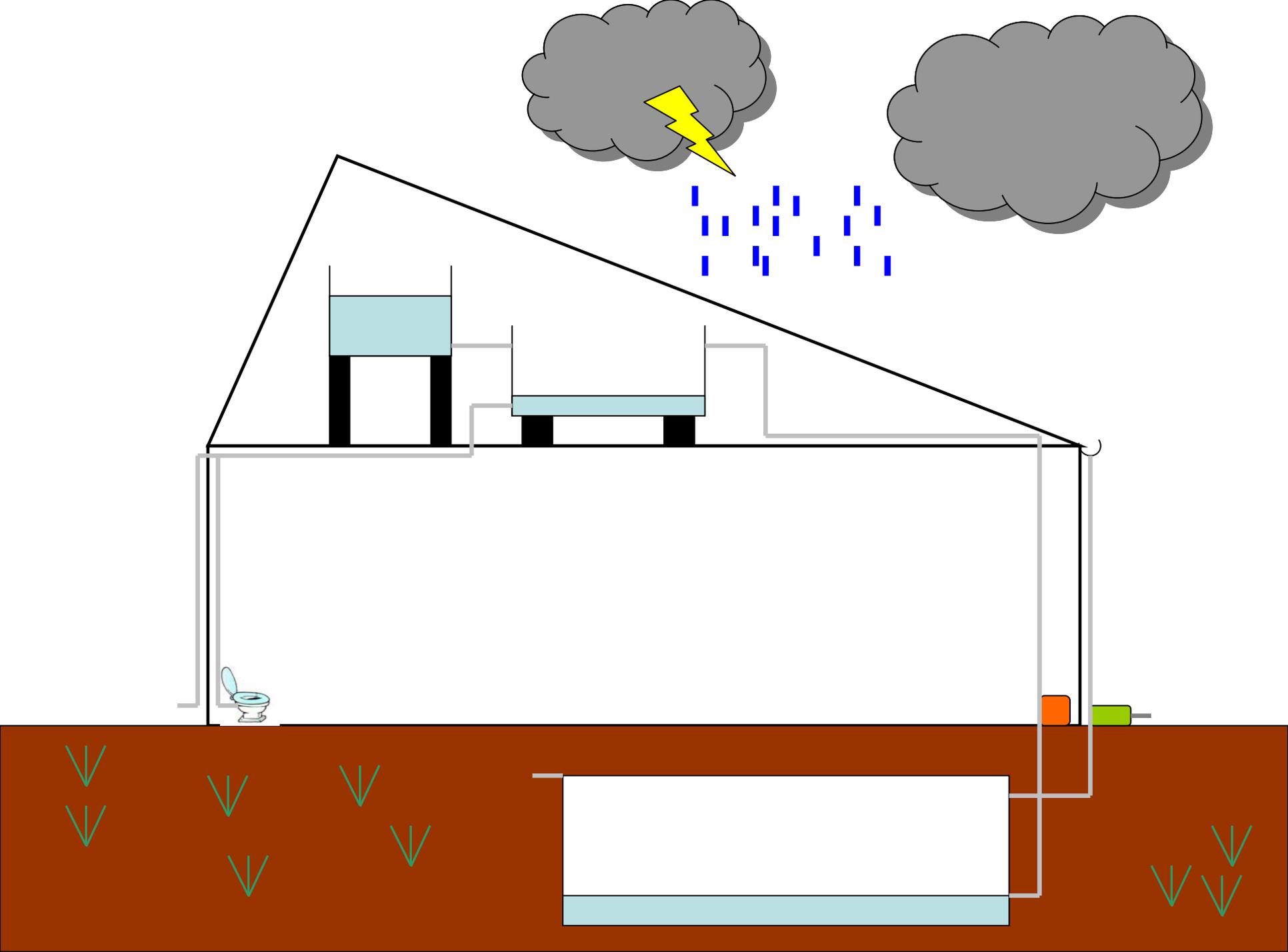
Reservatório de água potável

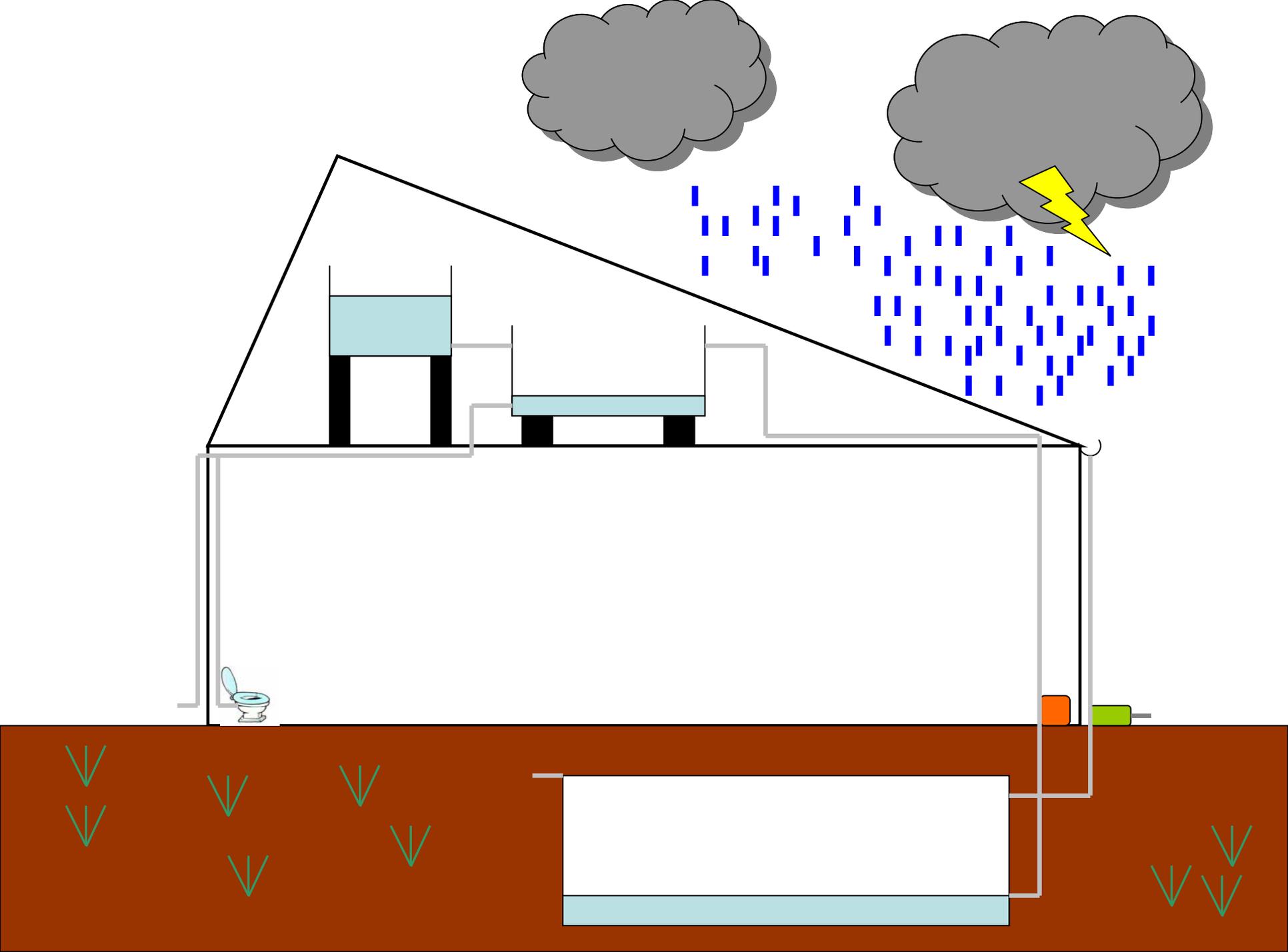
Reservatórios de água pluvial

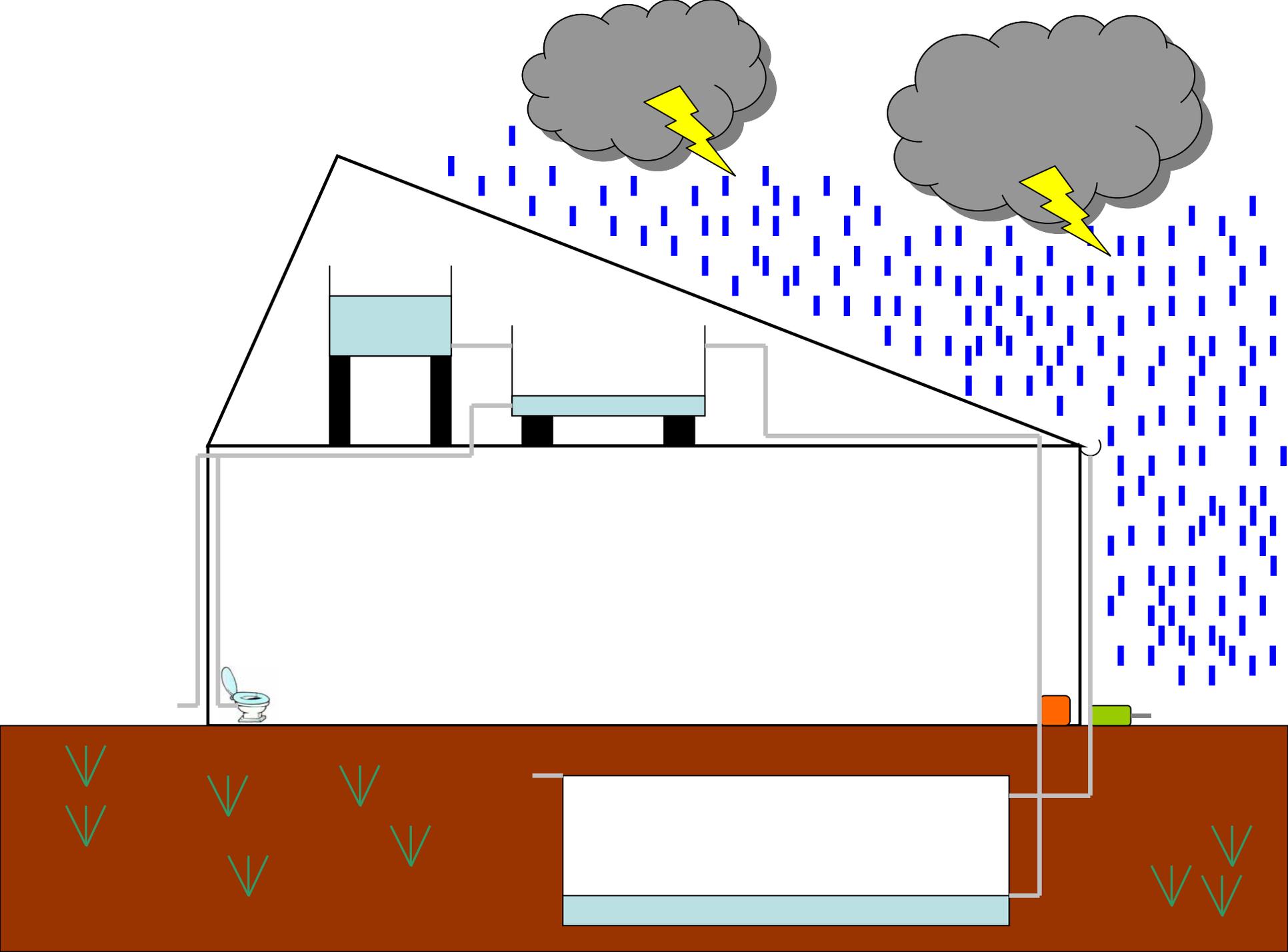
Clicar para começar a animação

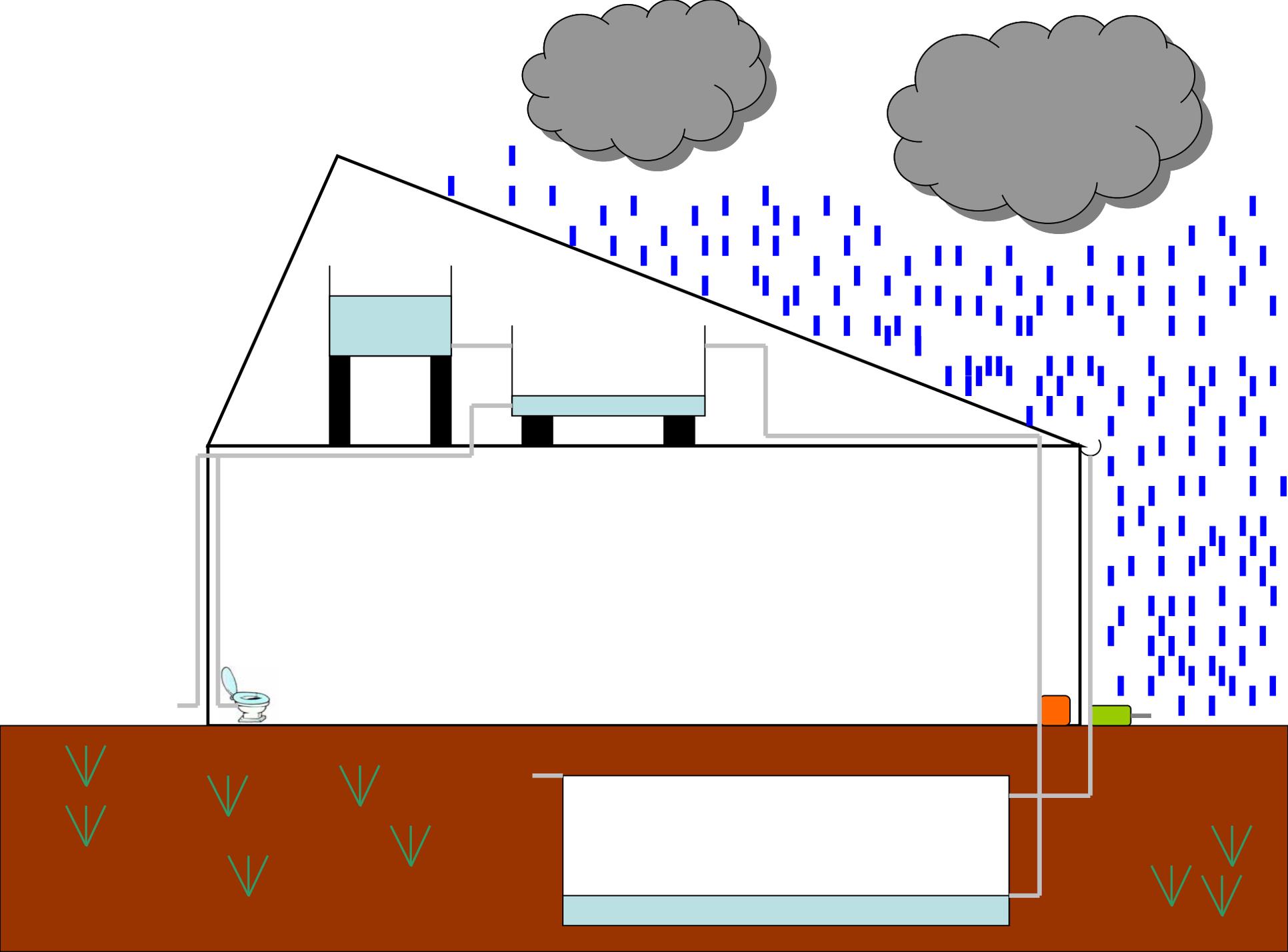


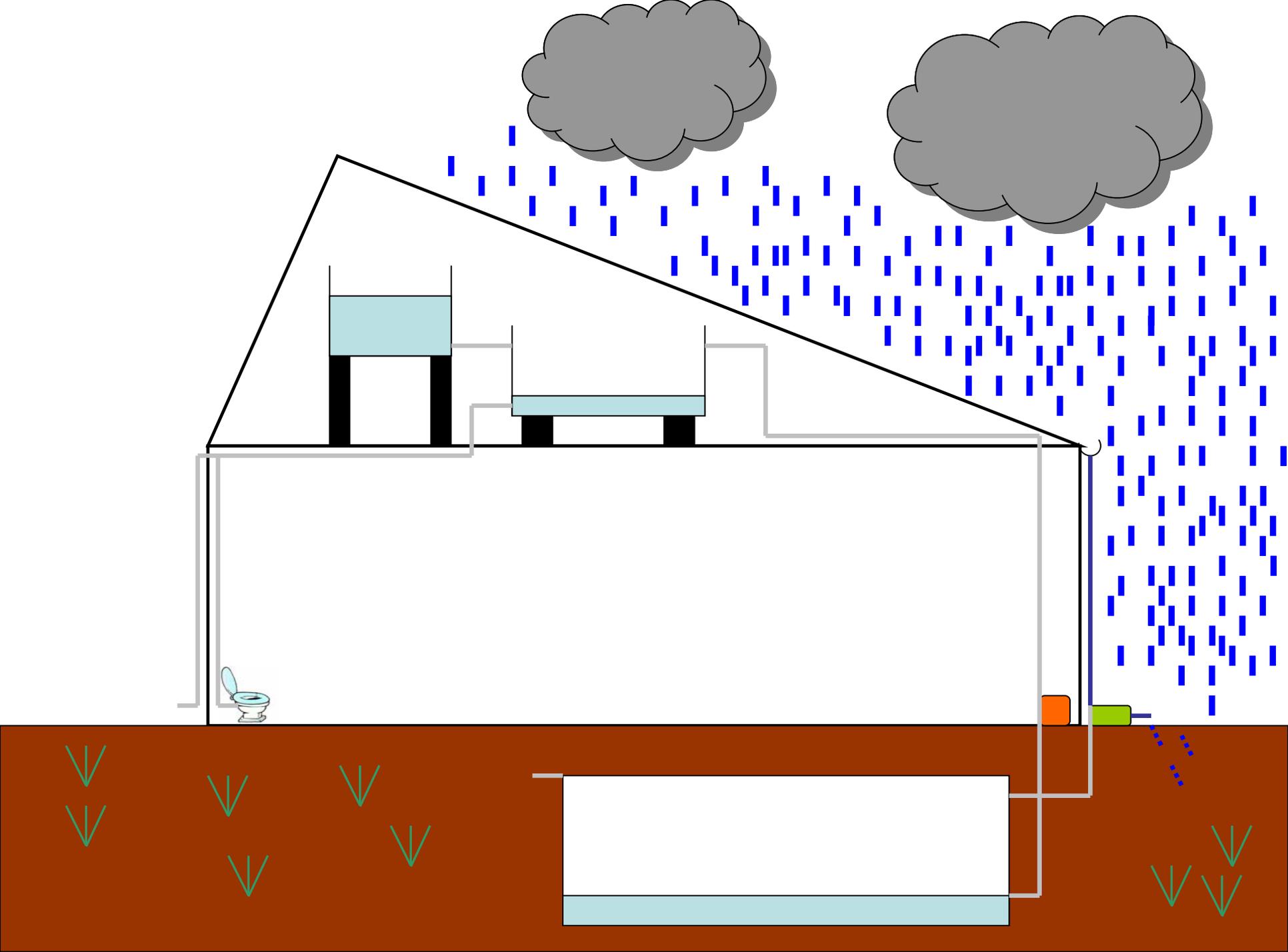


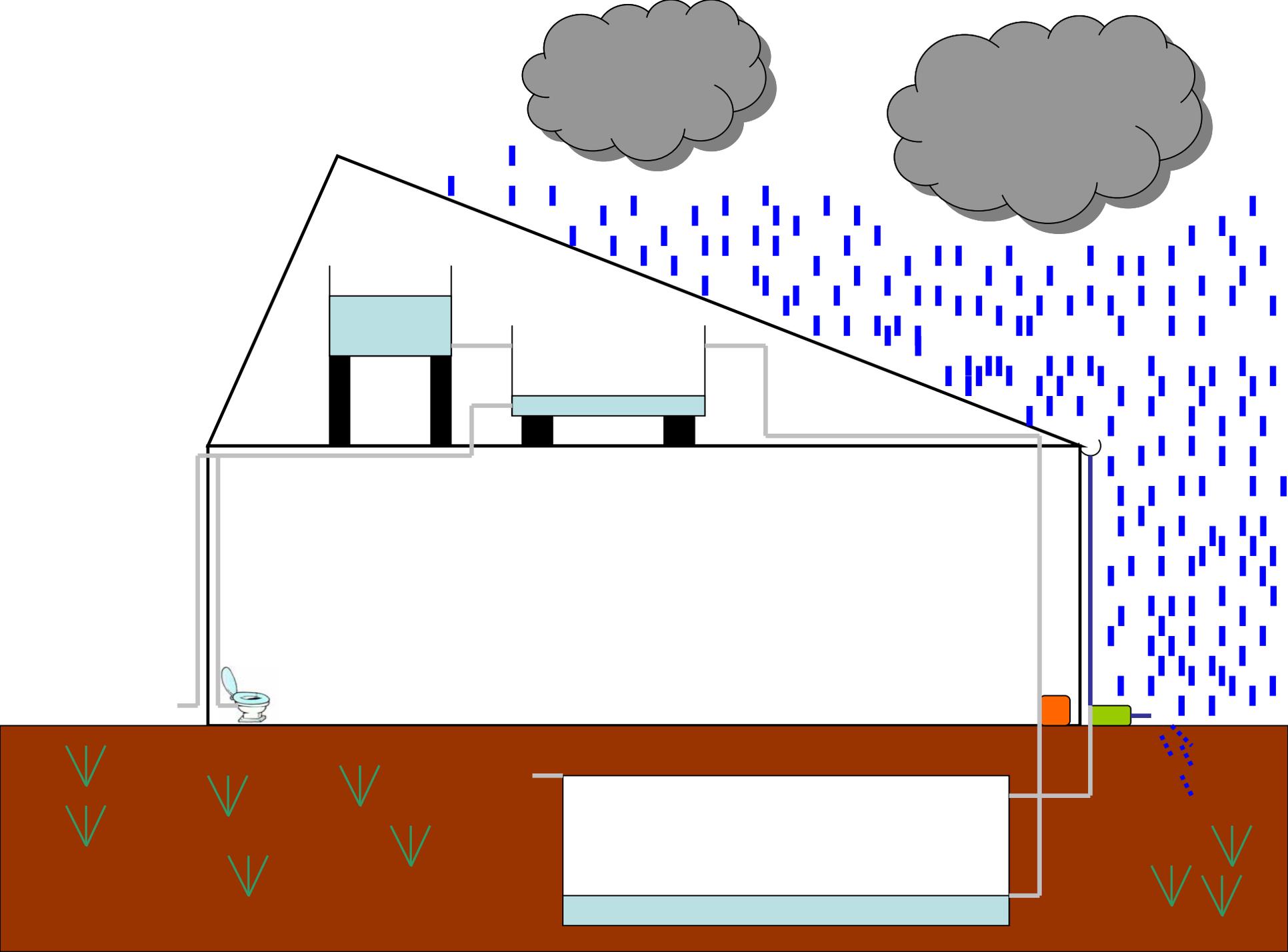


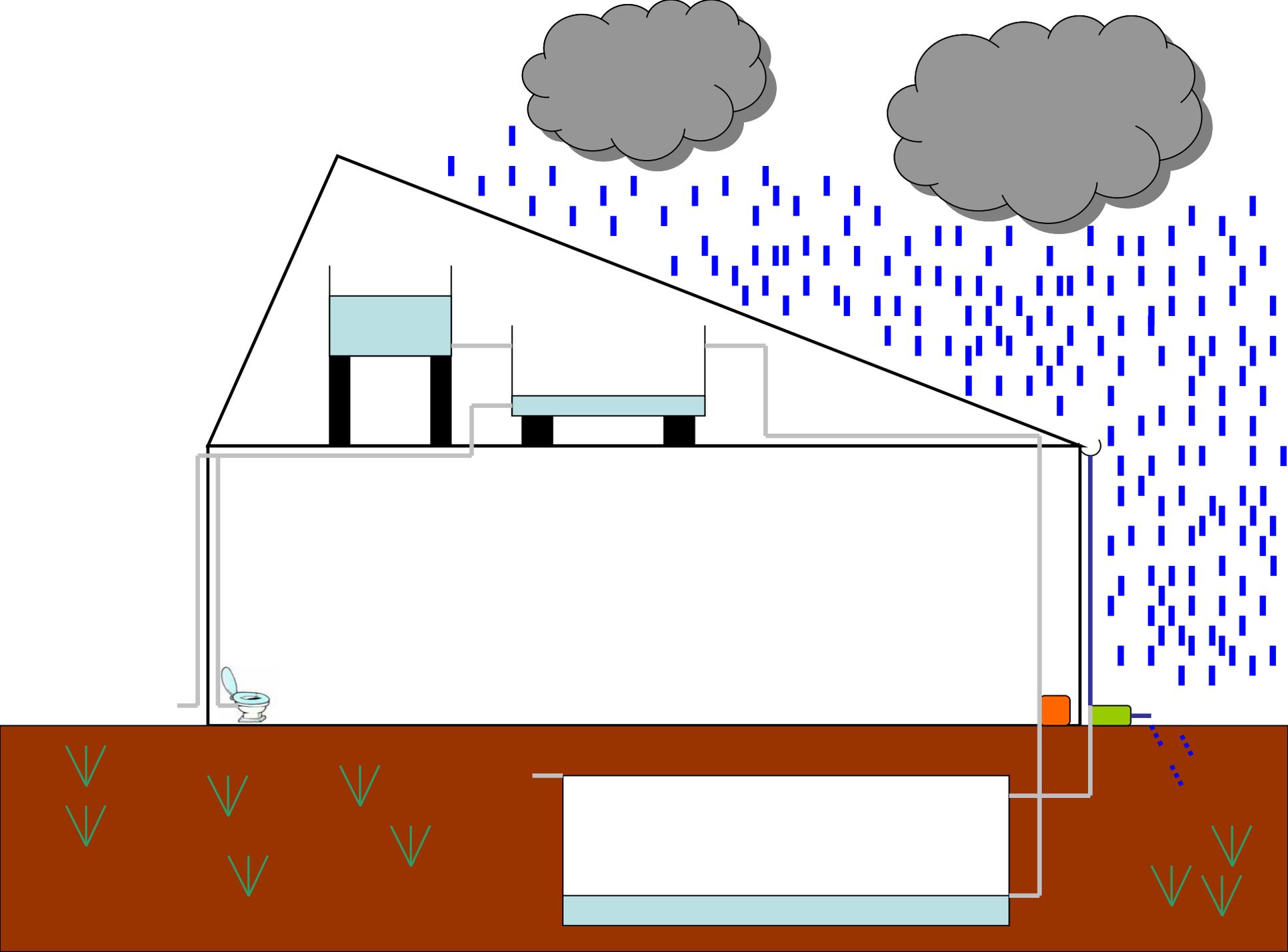


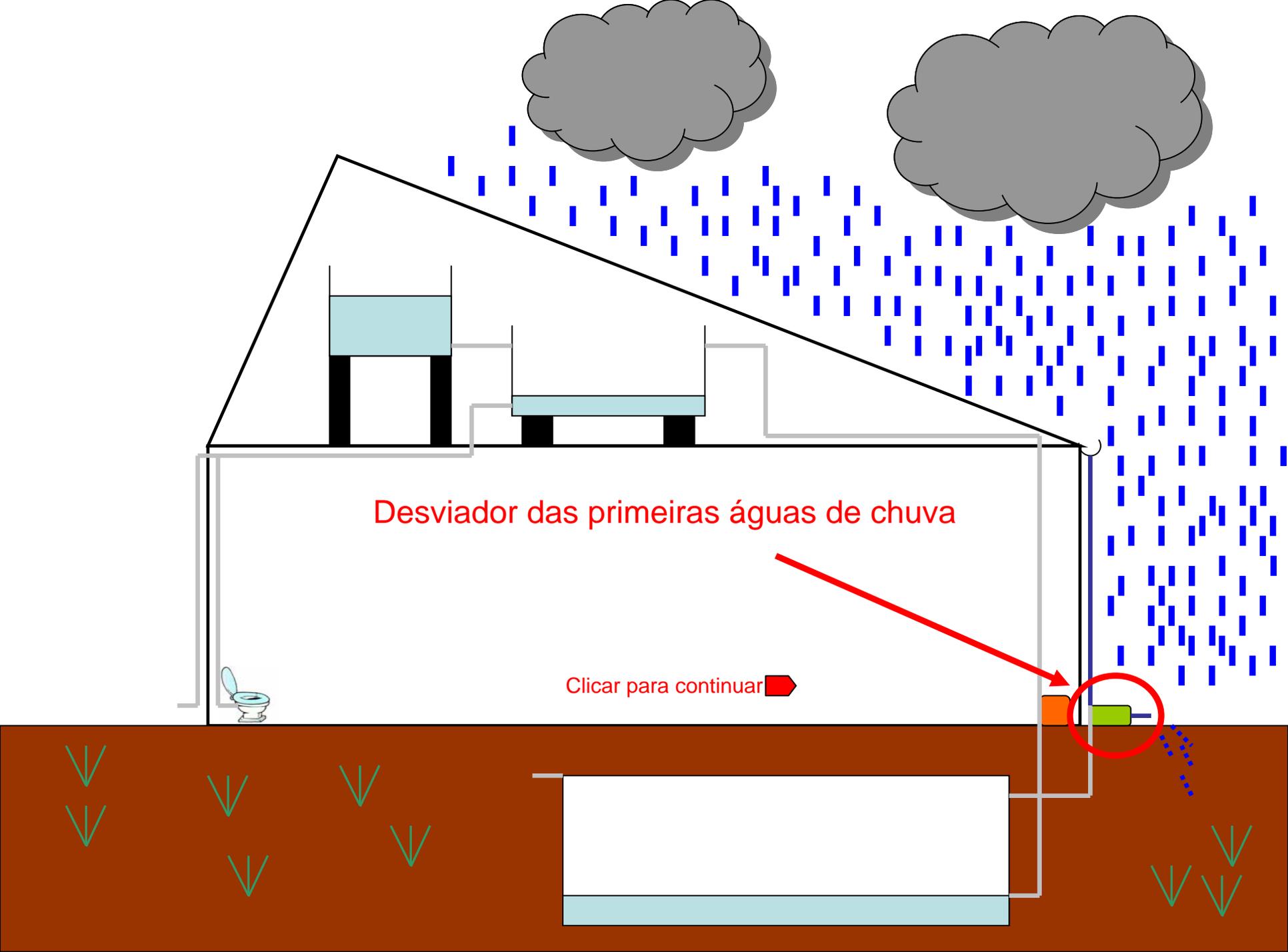






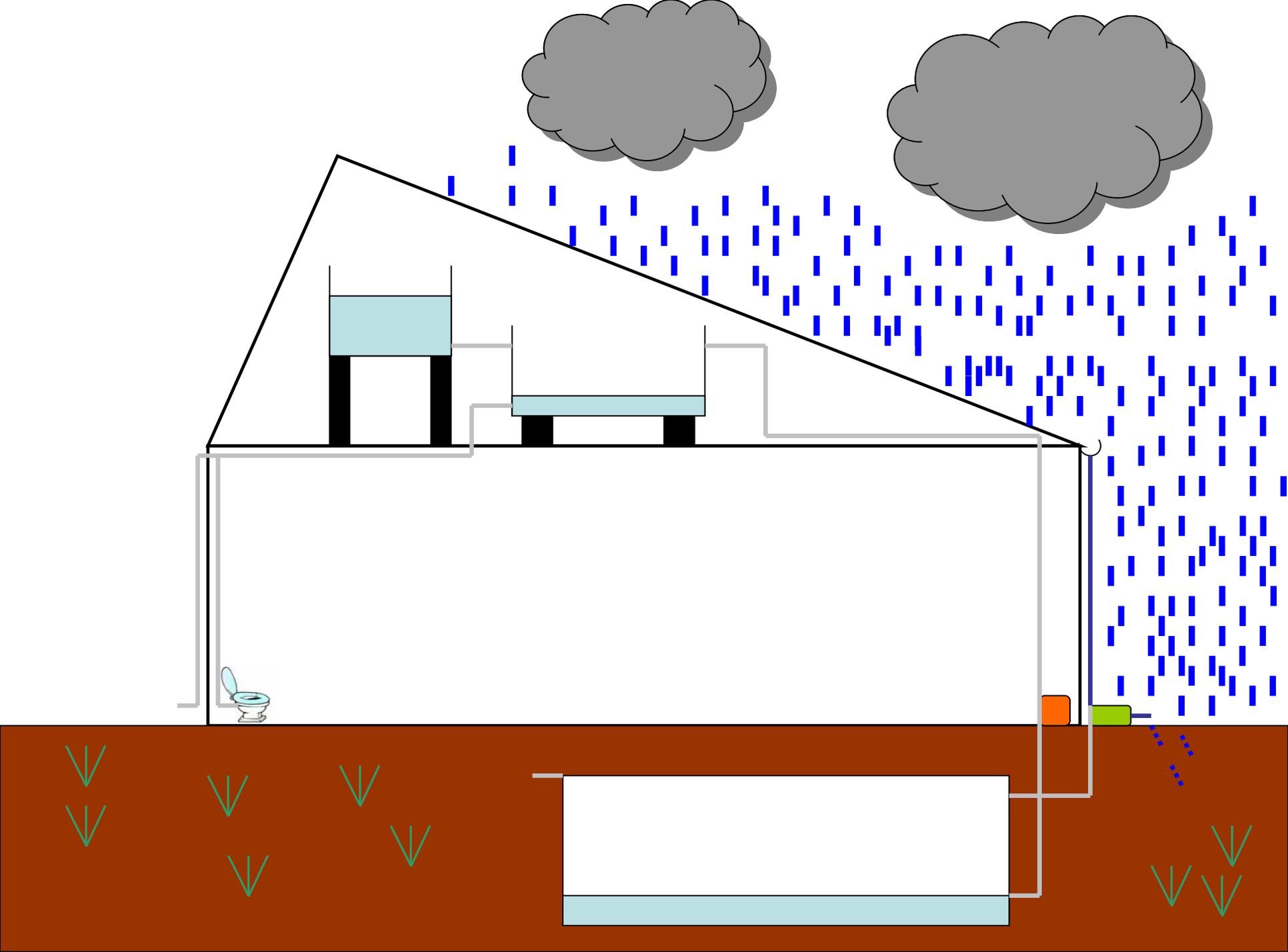


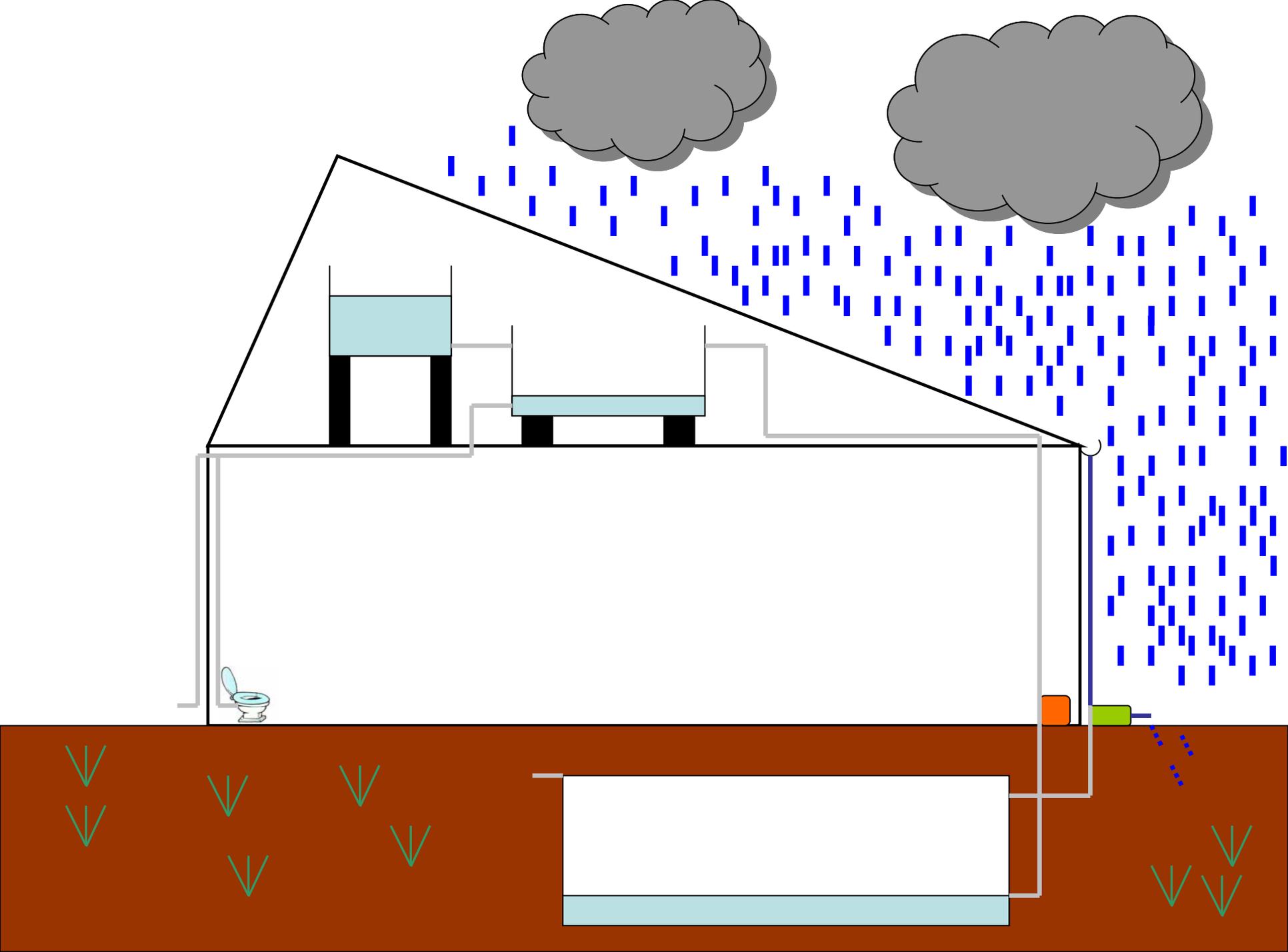


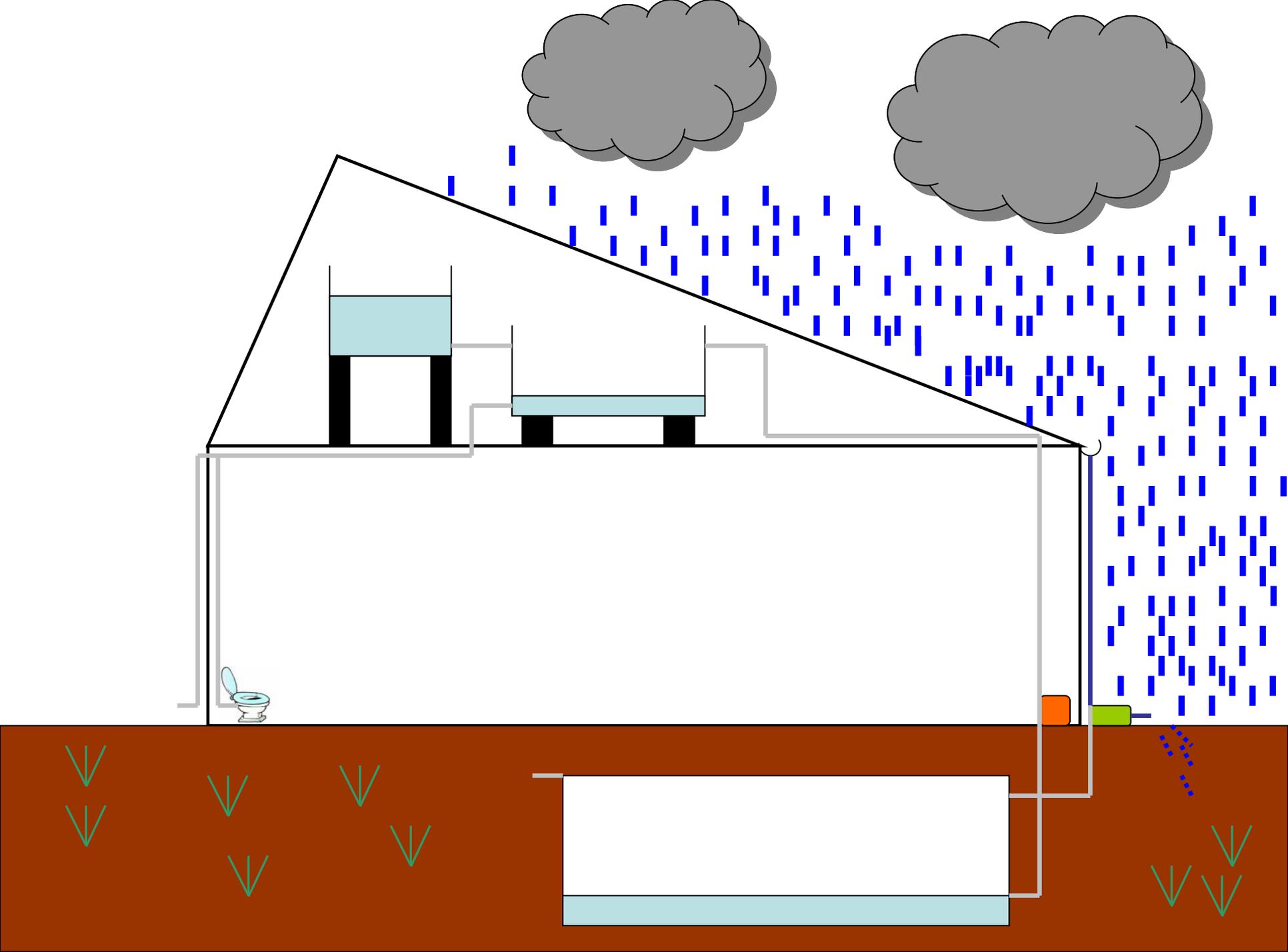


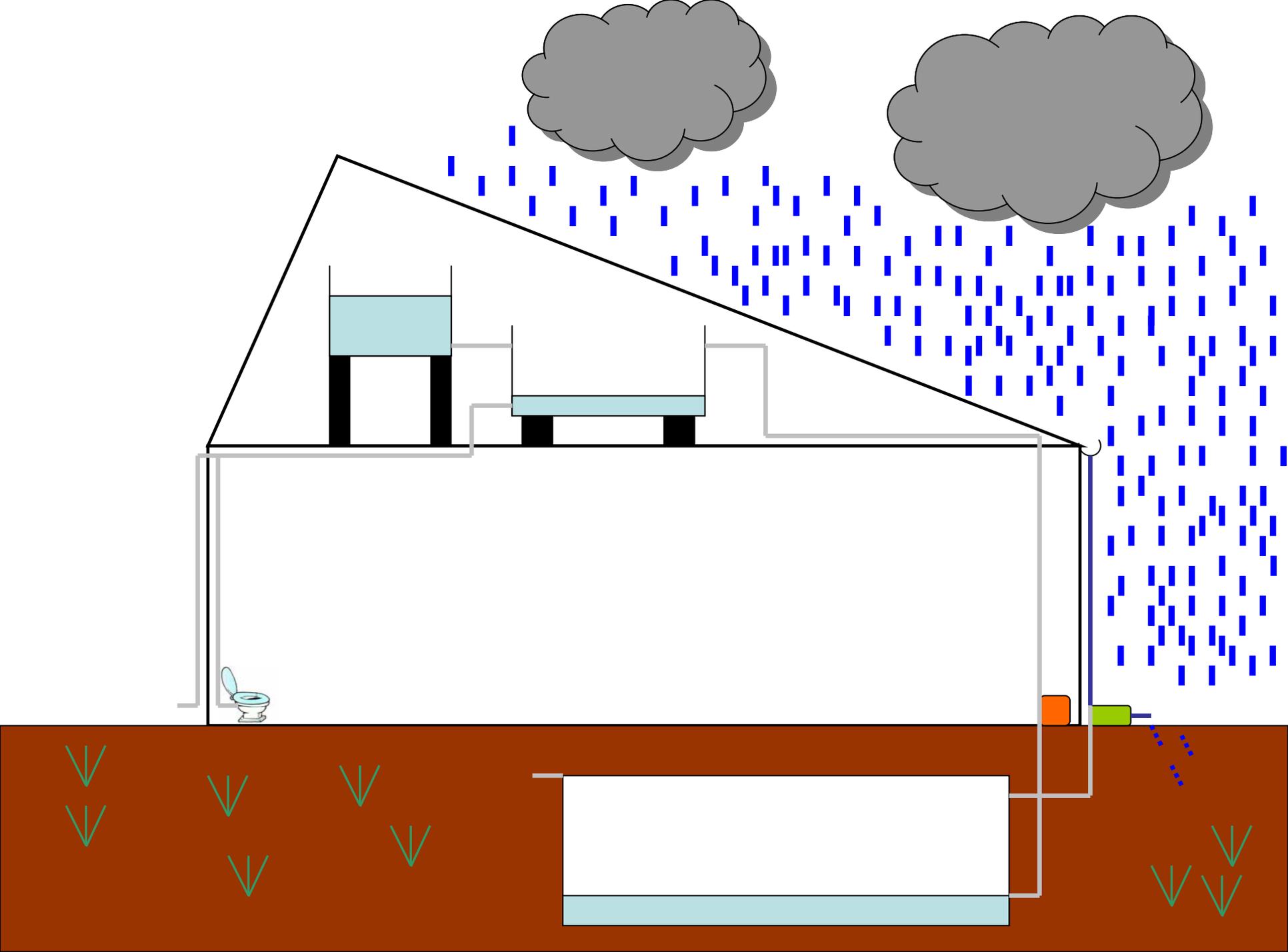
Desviador das primeiras águas de chuva

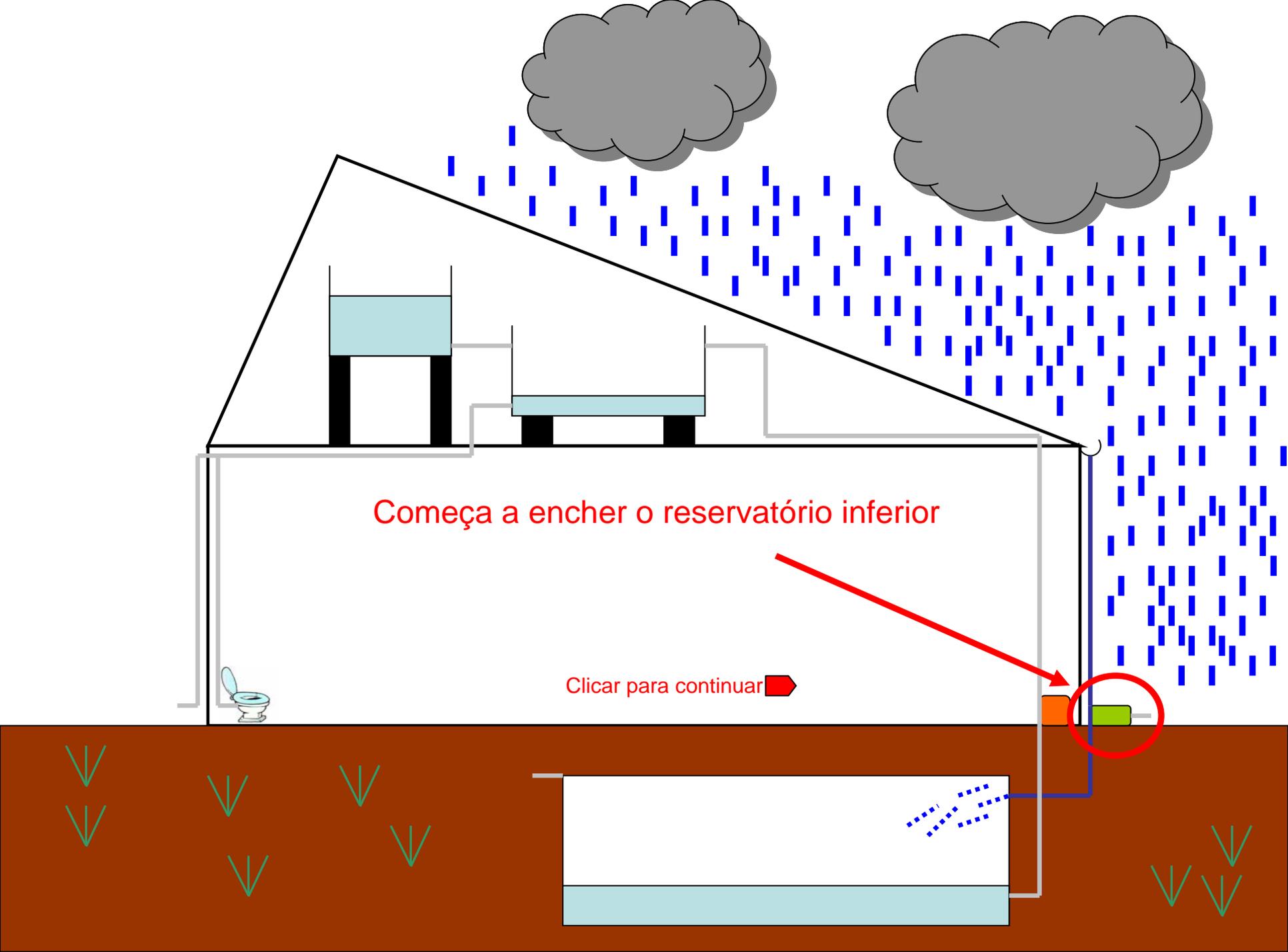
Clicar para continuar 





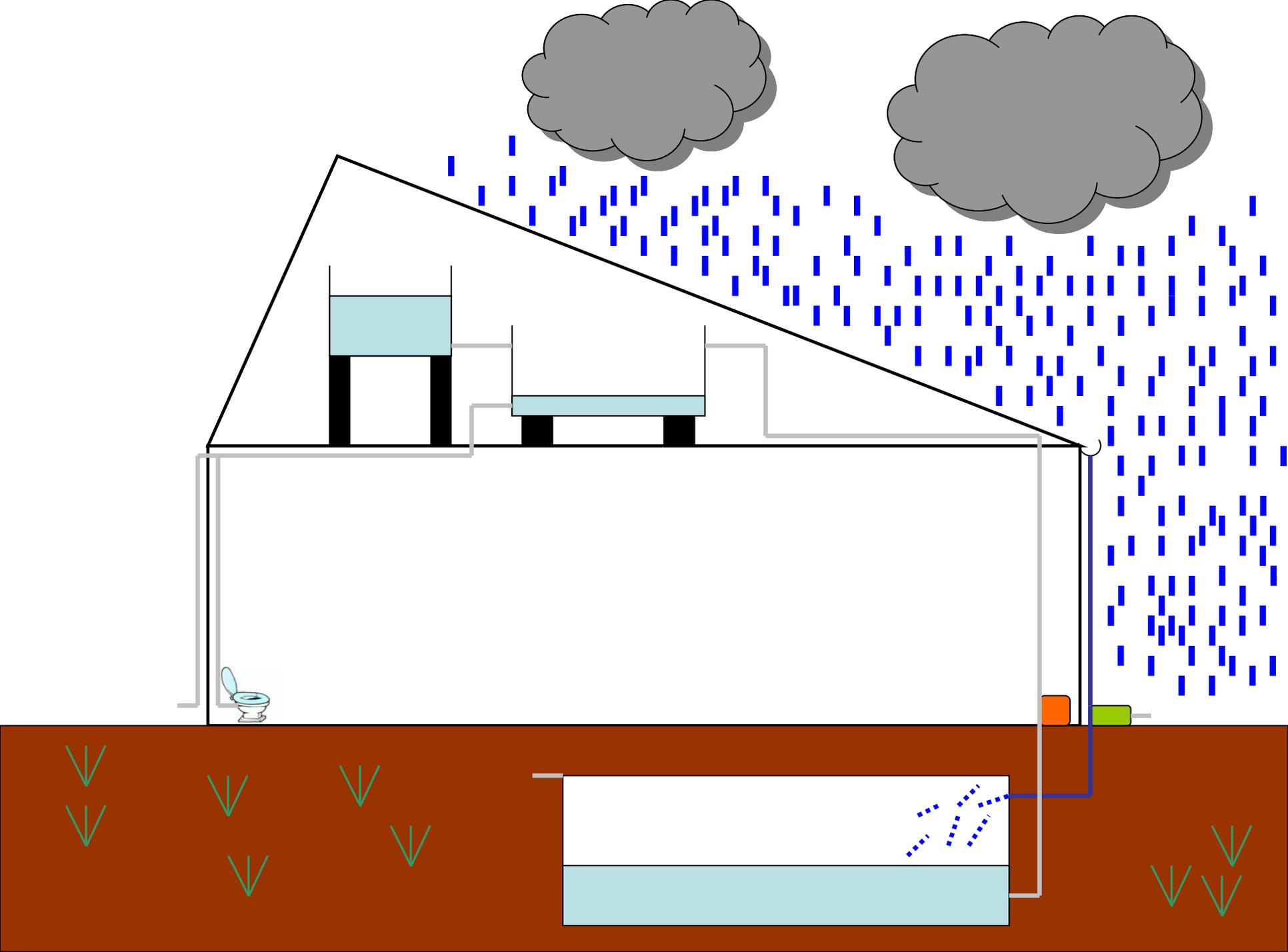


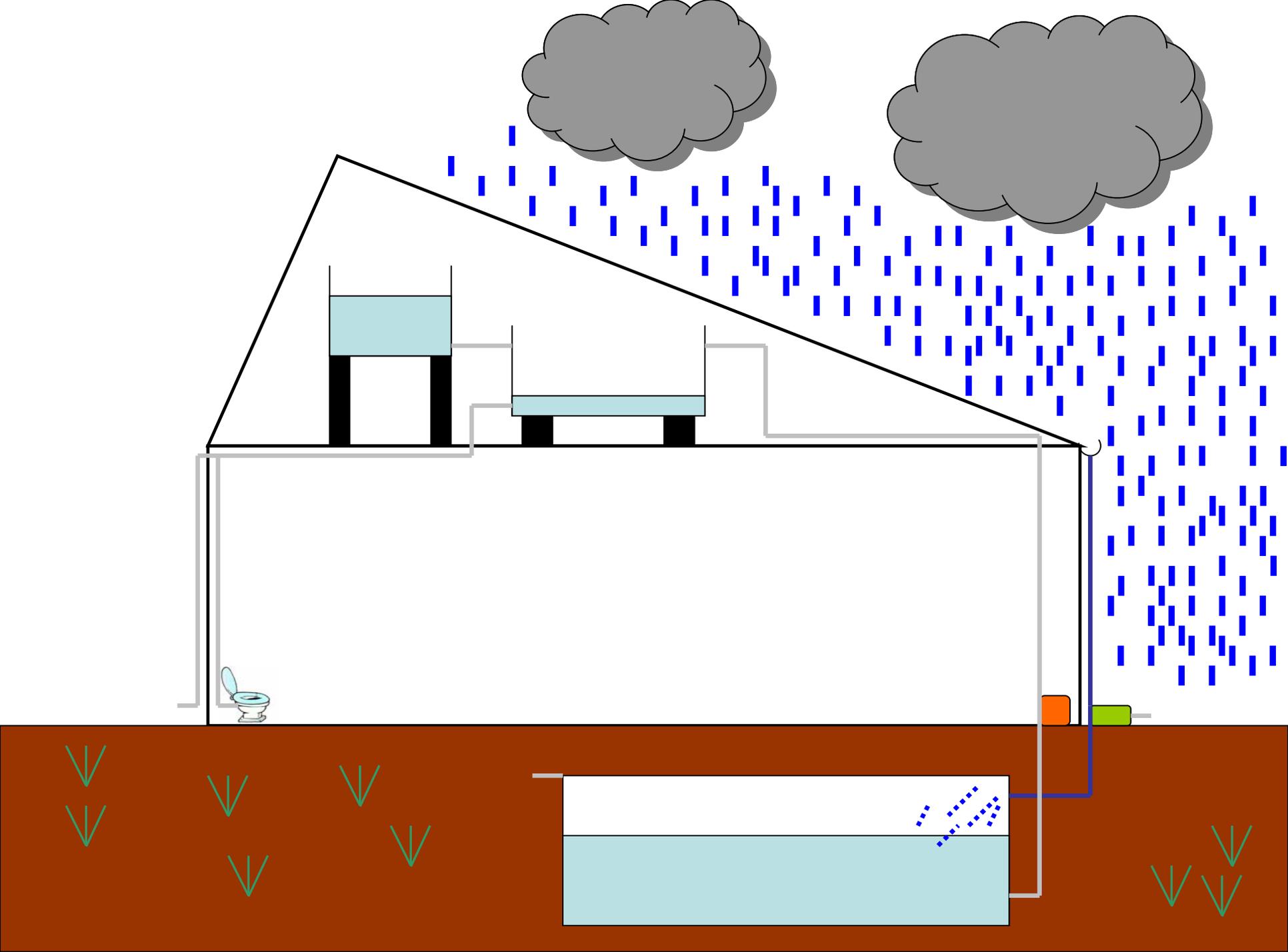


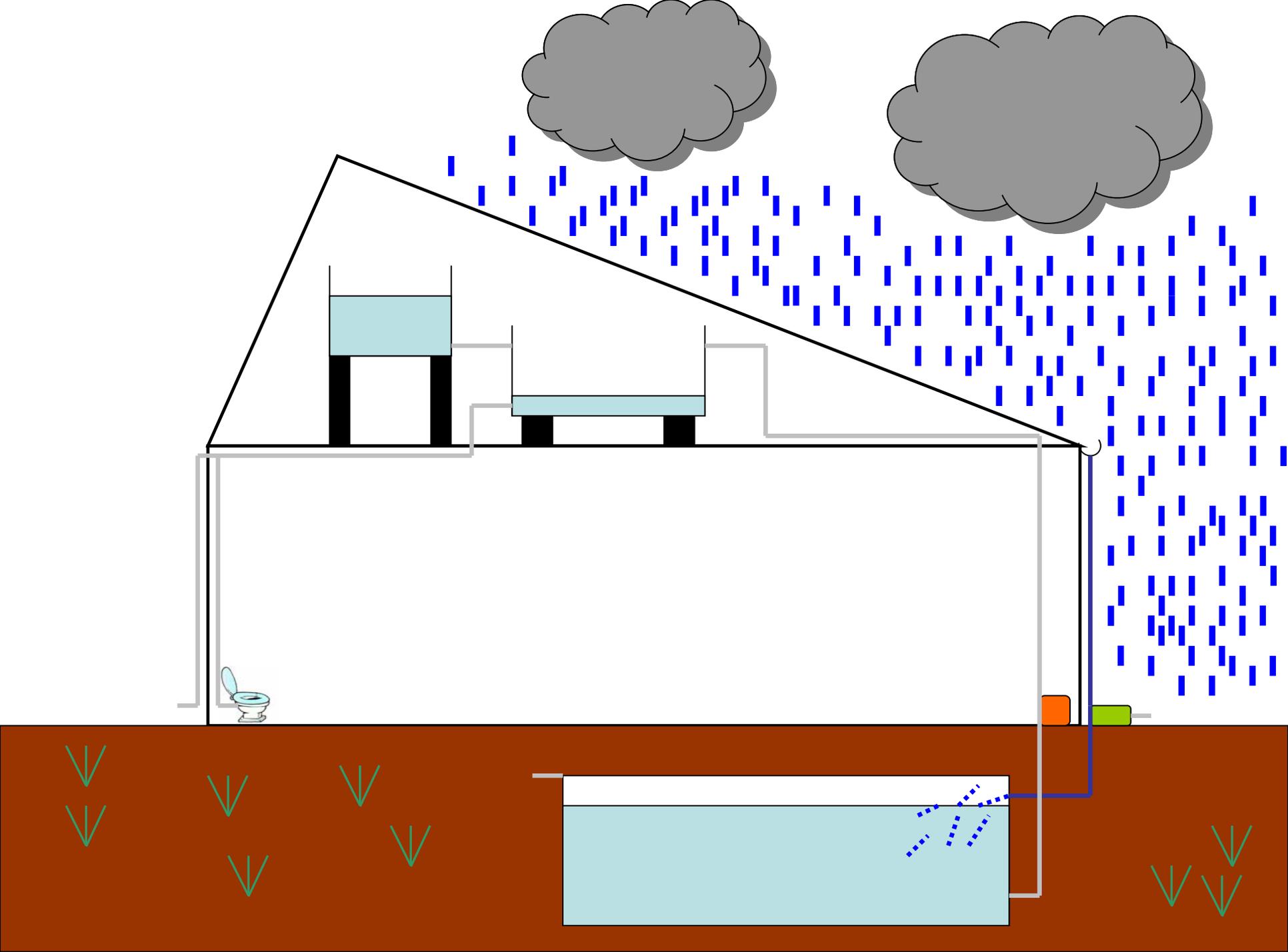


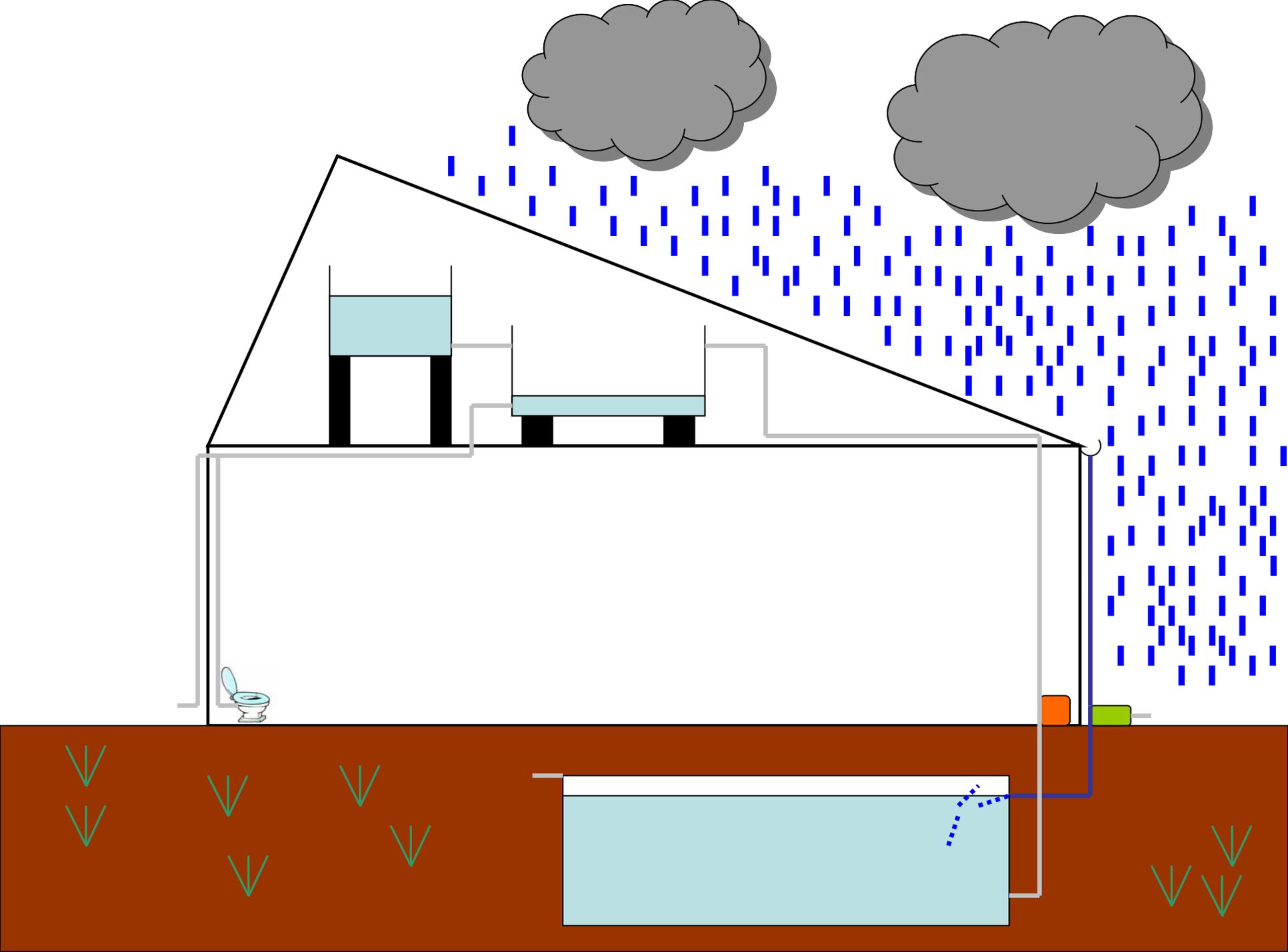
Começa a encher o reservatório inferior

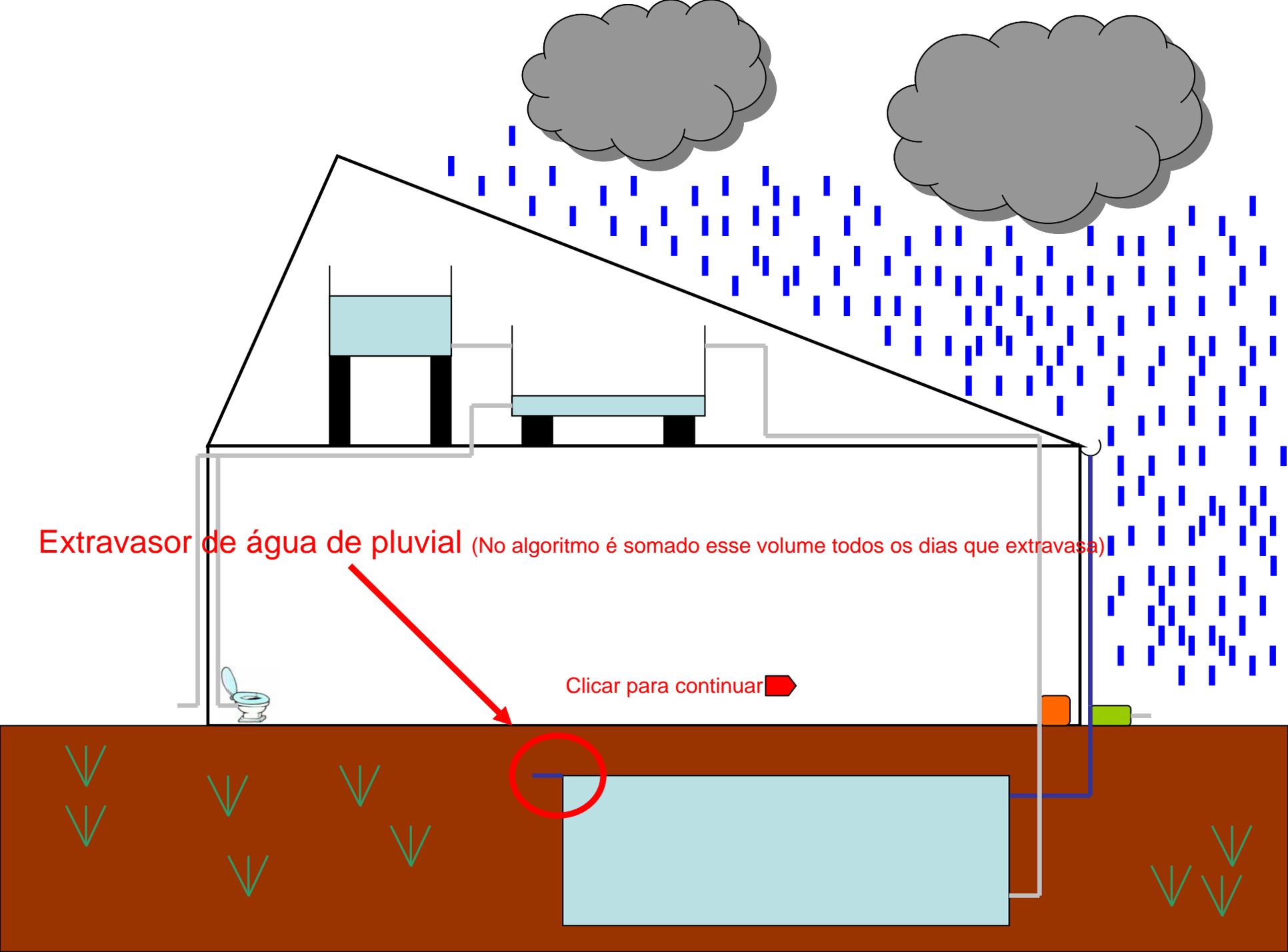
Clicar para continuar 

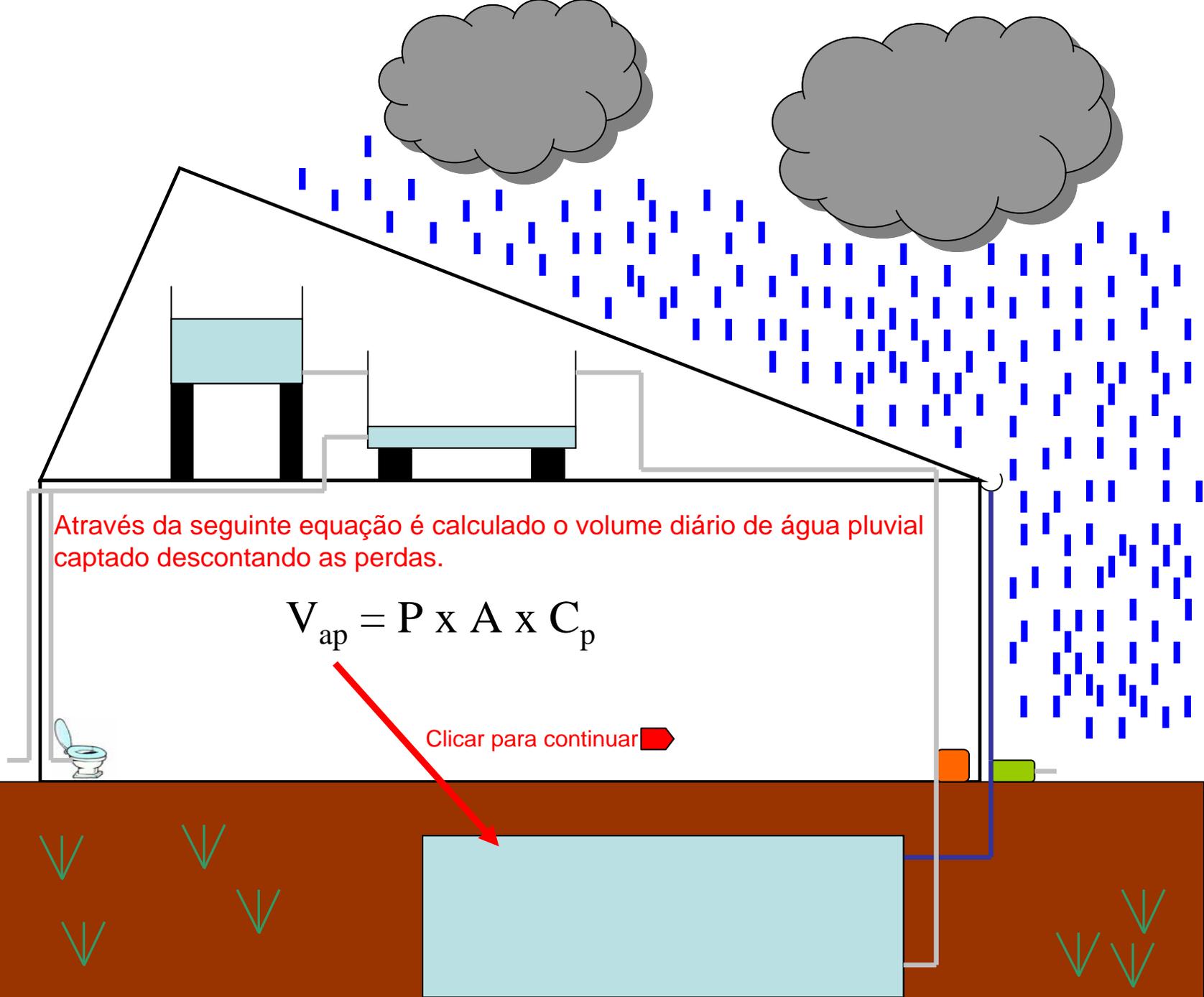


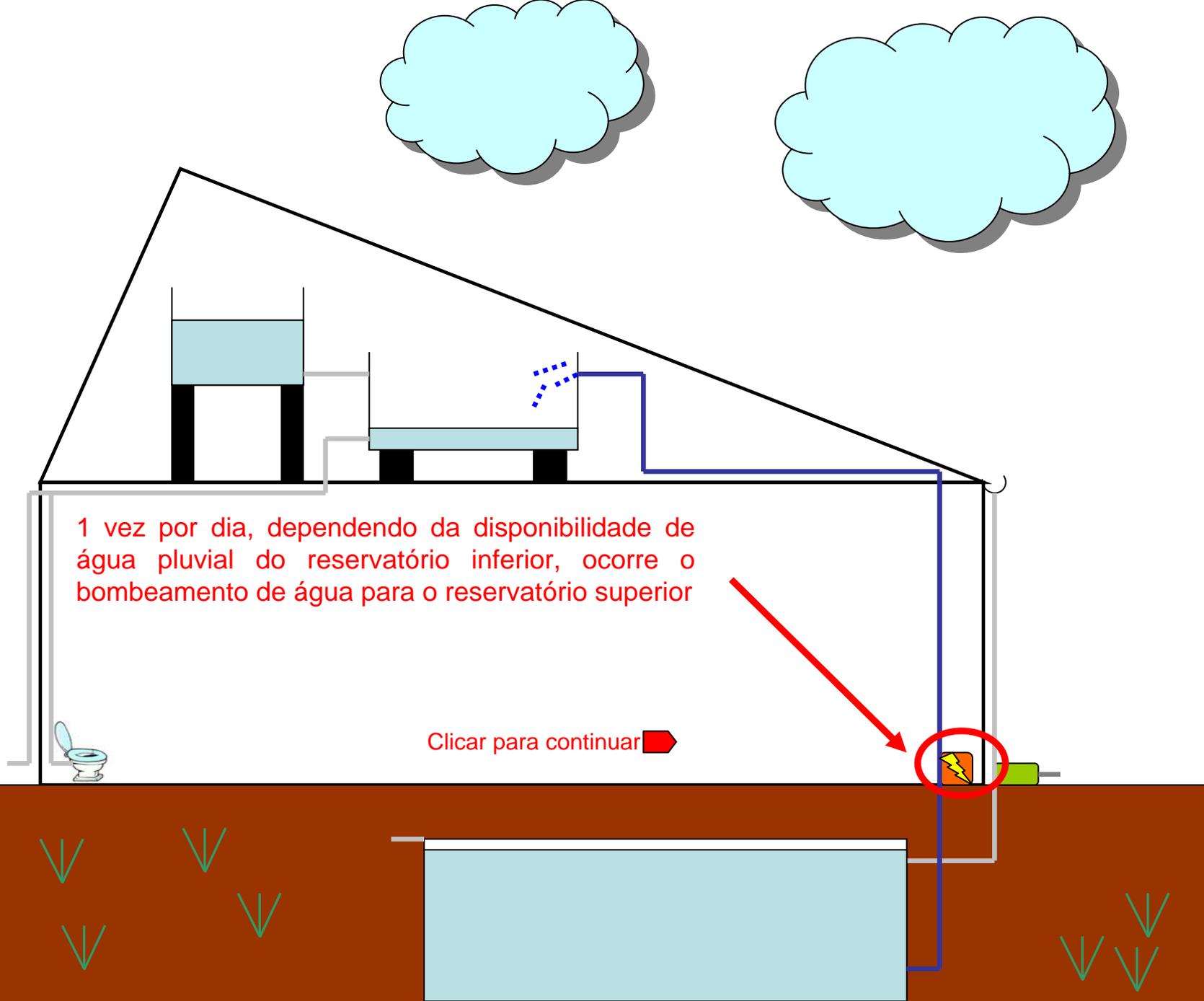


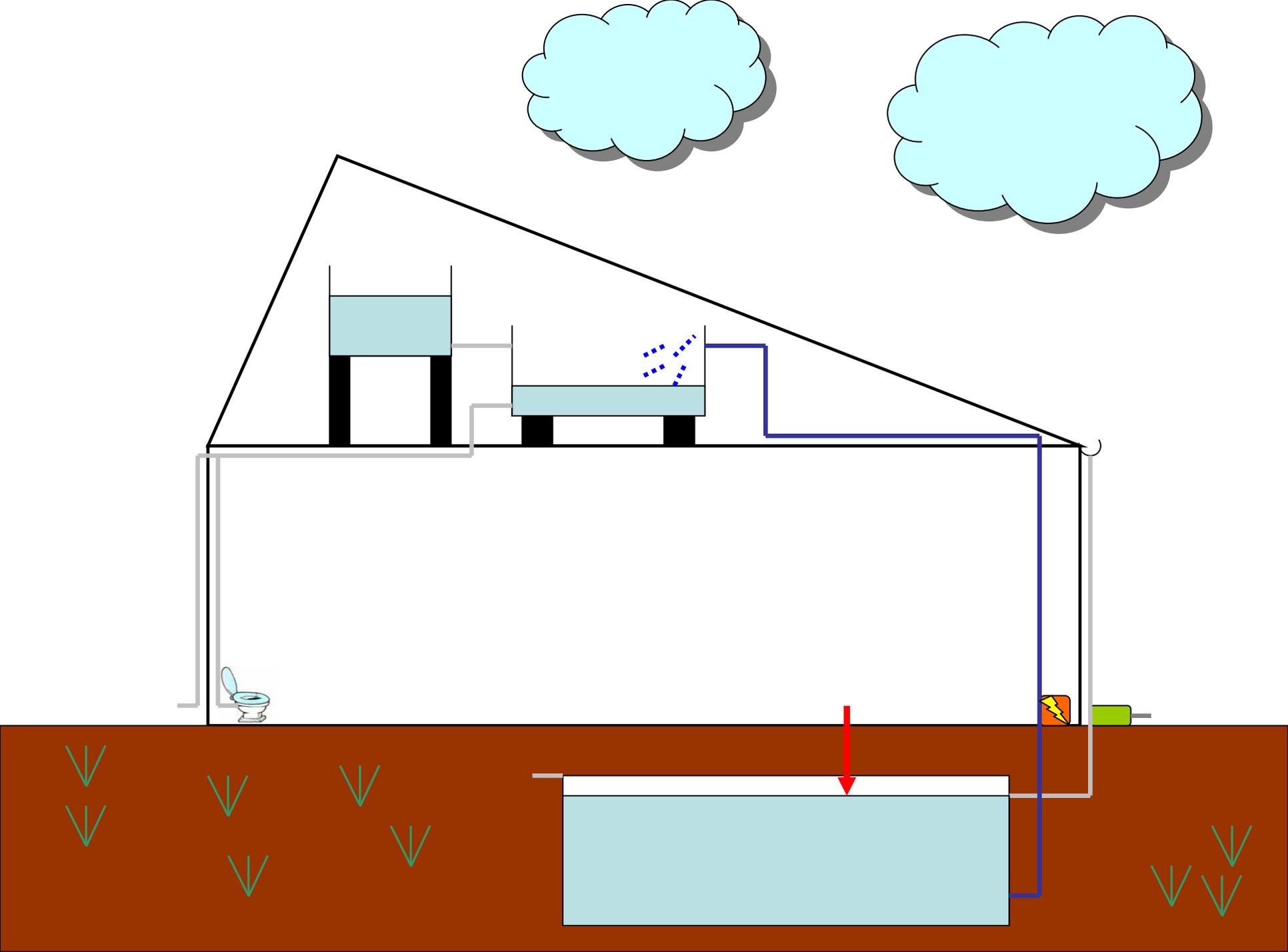


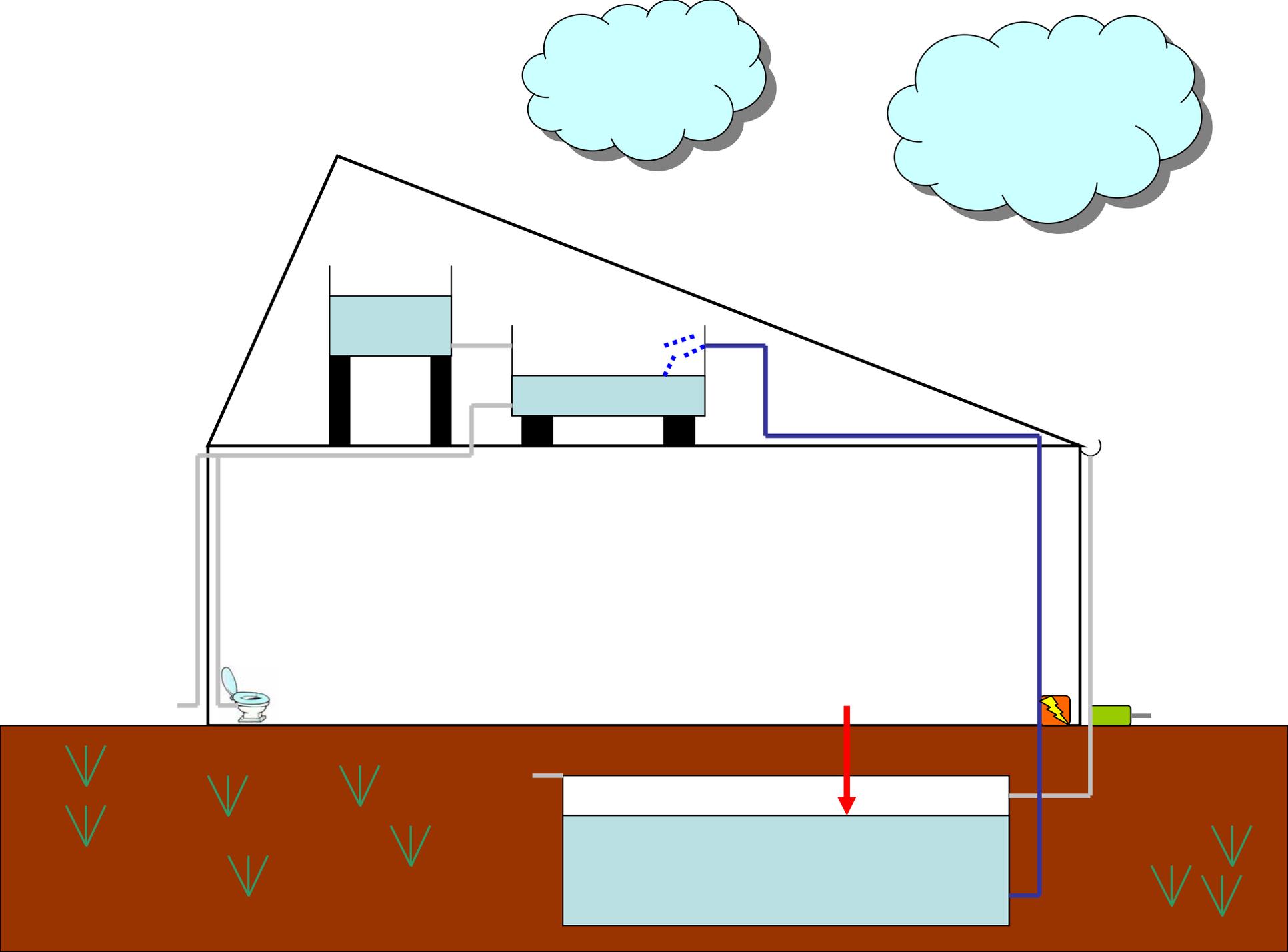


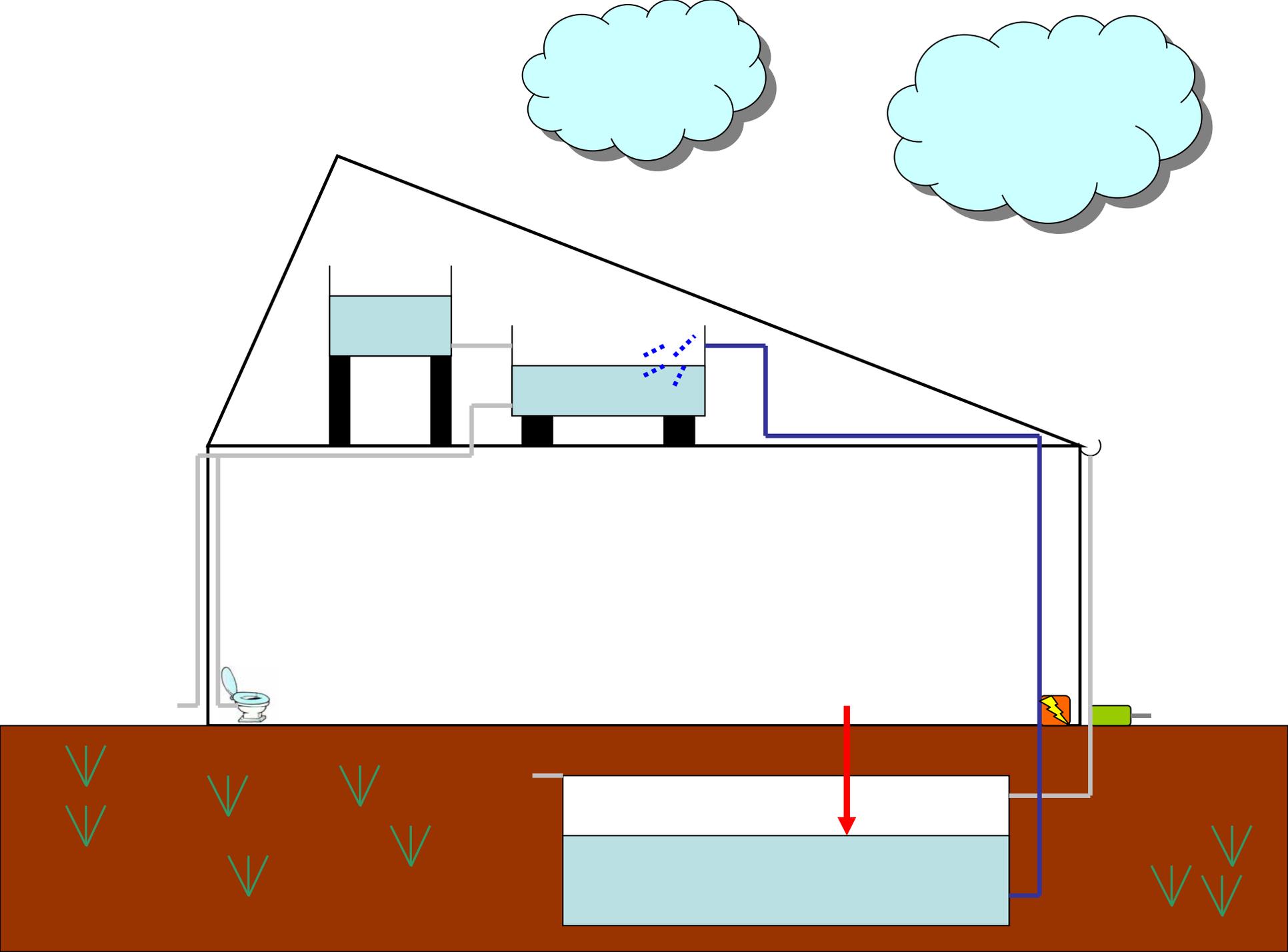




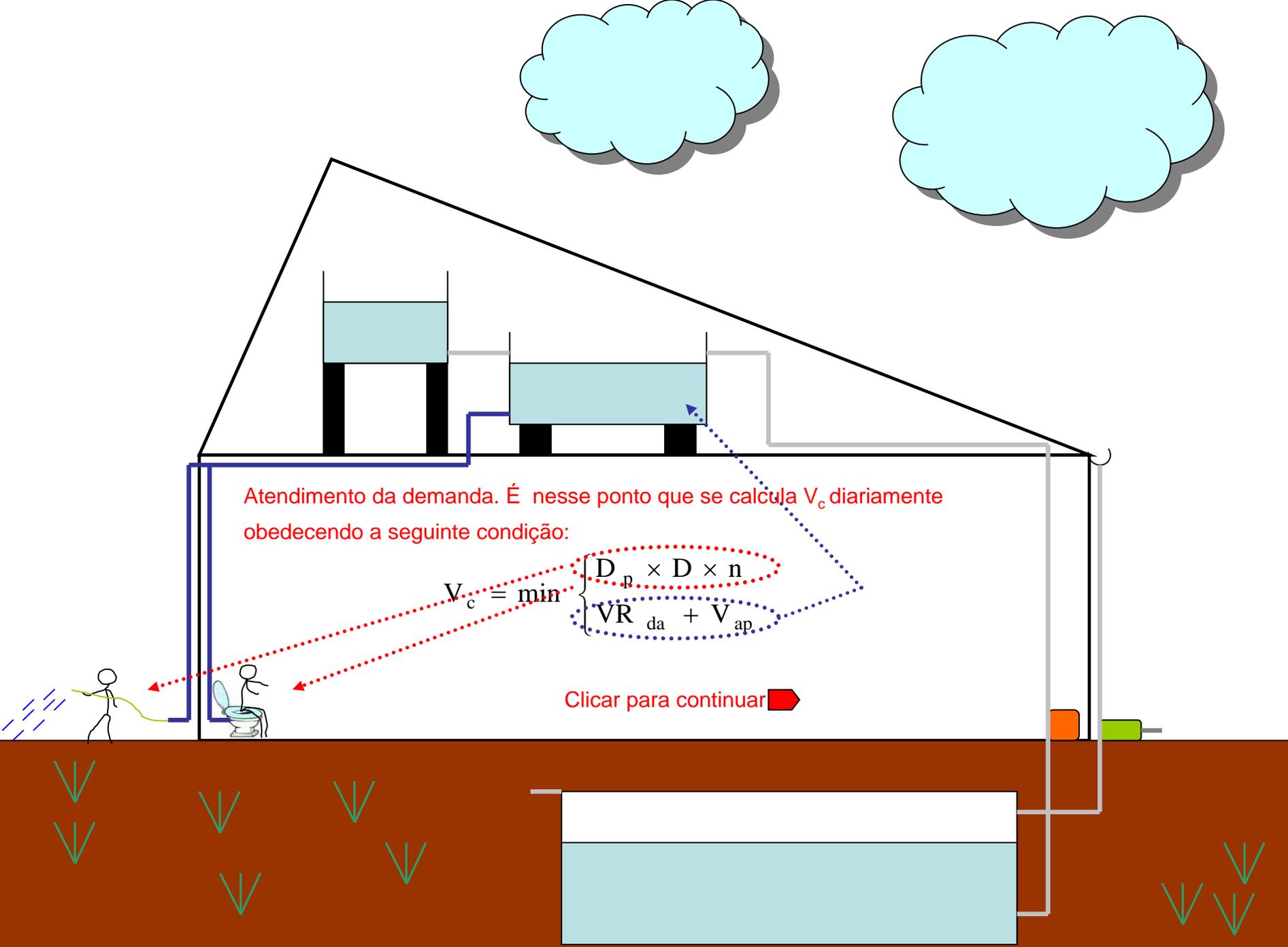


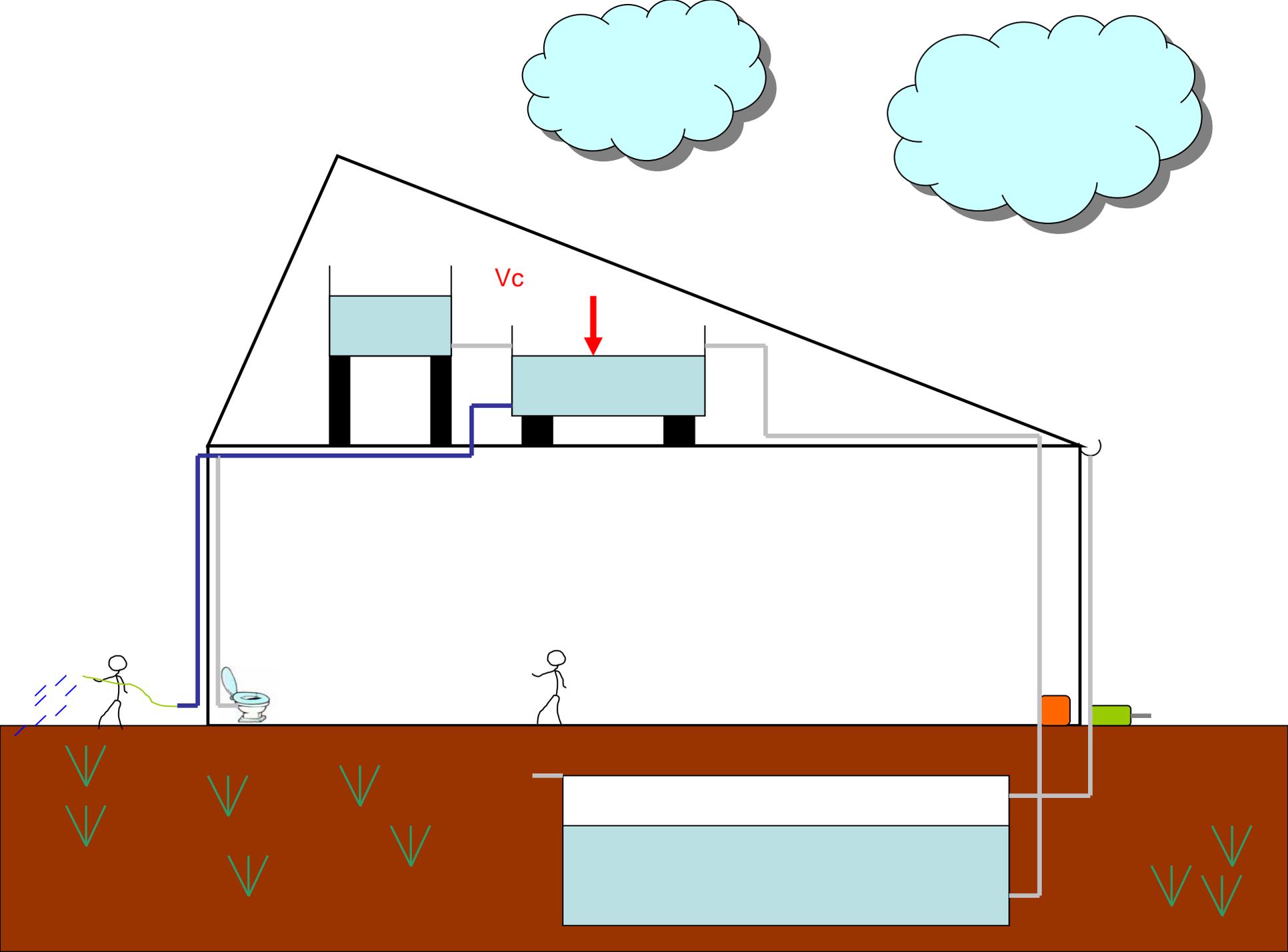


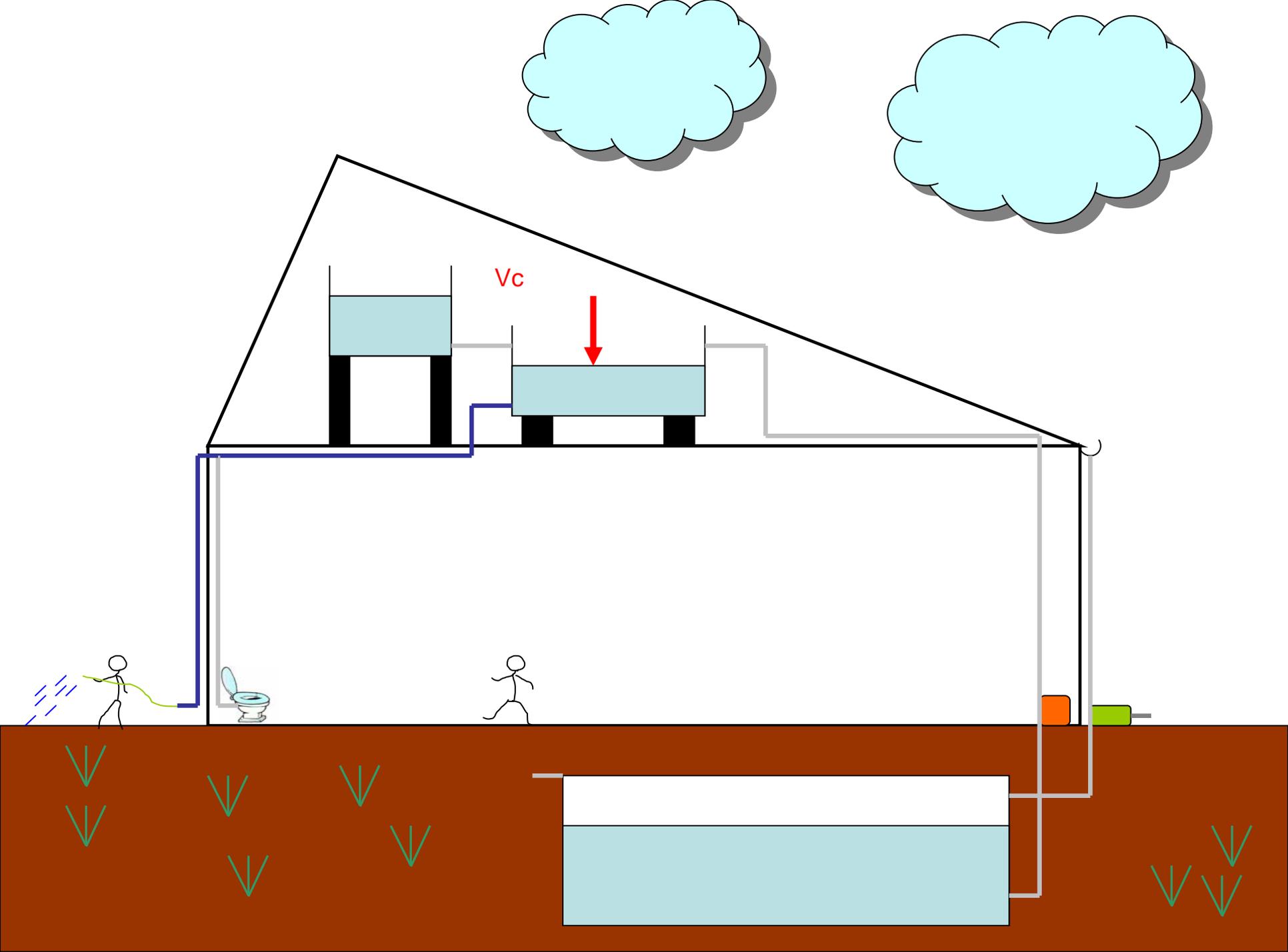


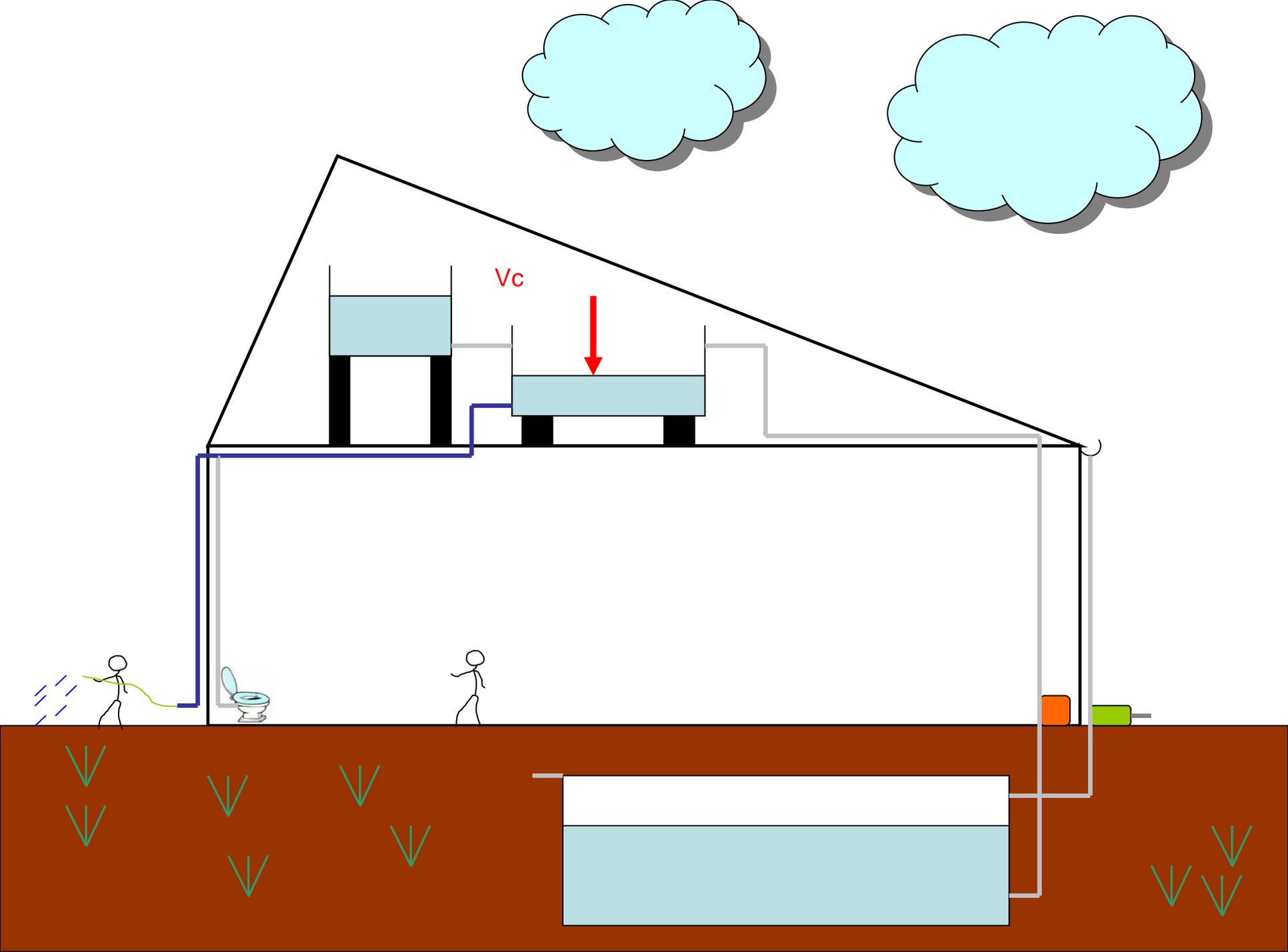


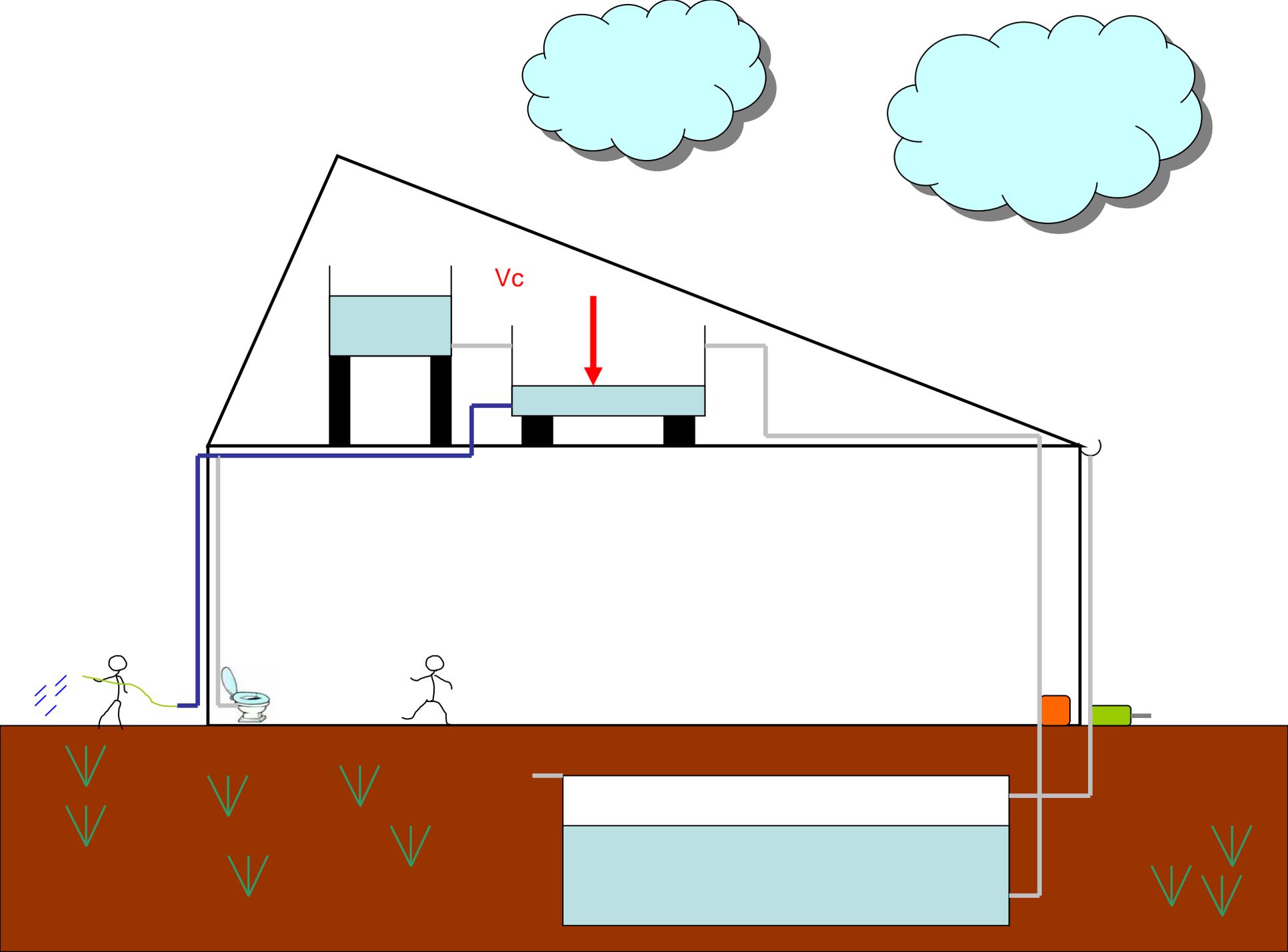


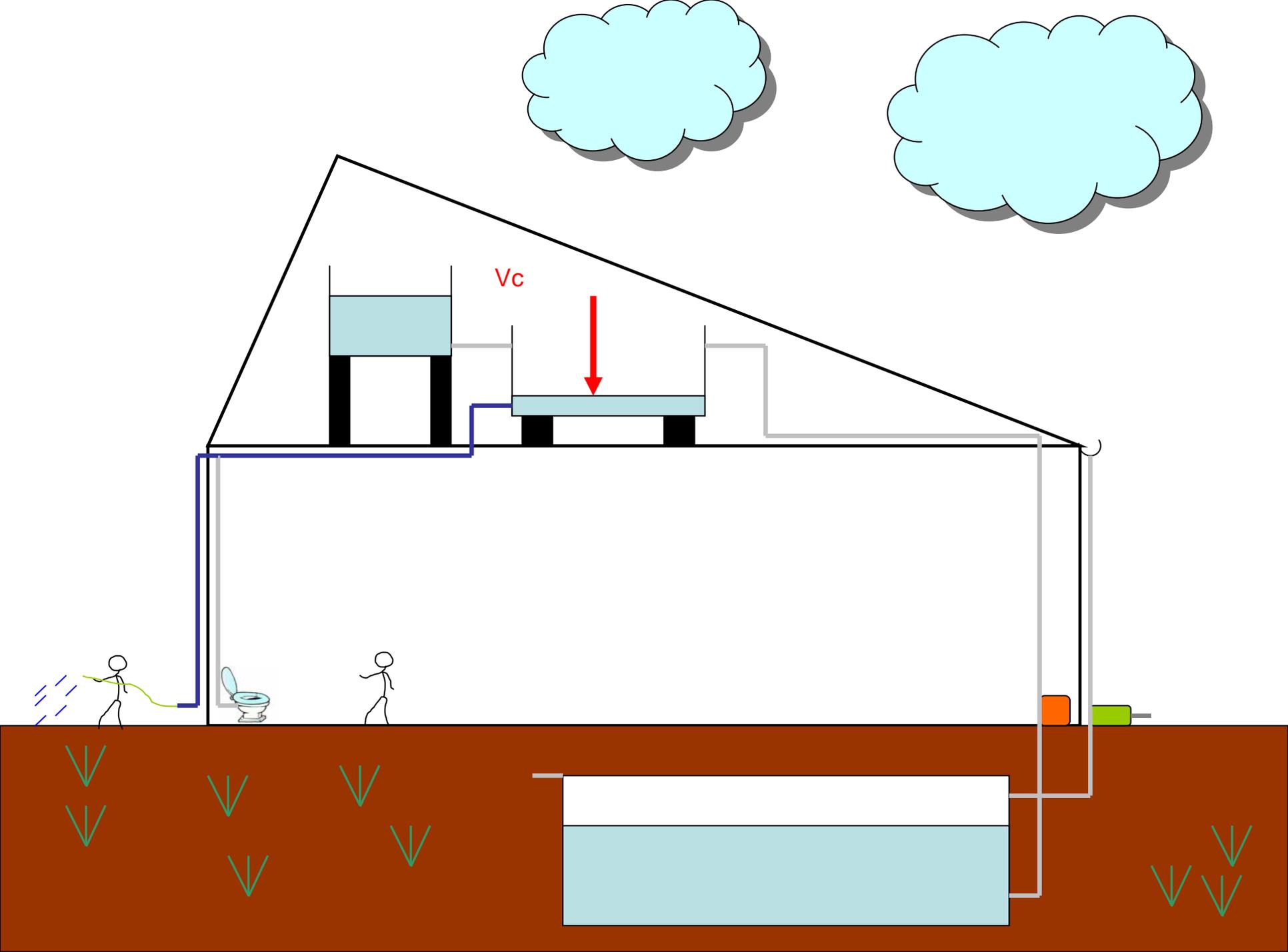


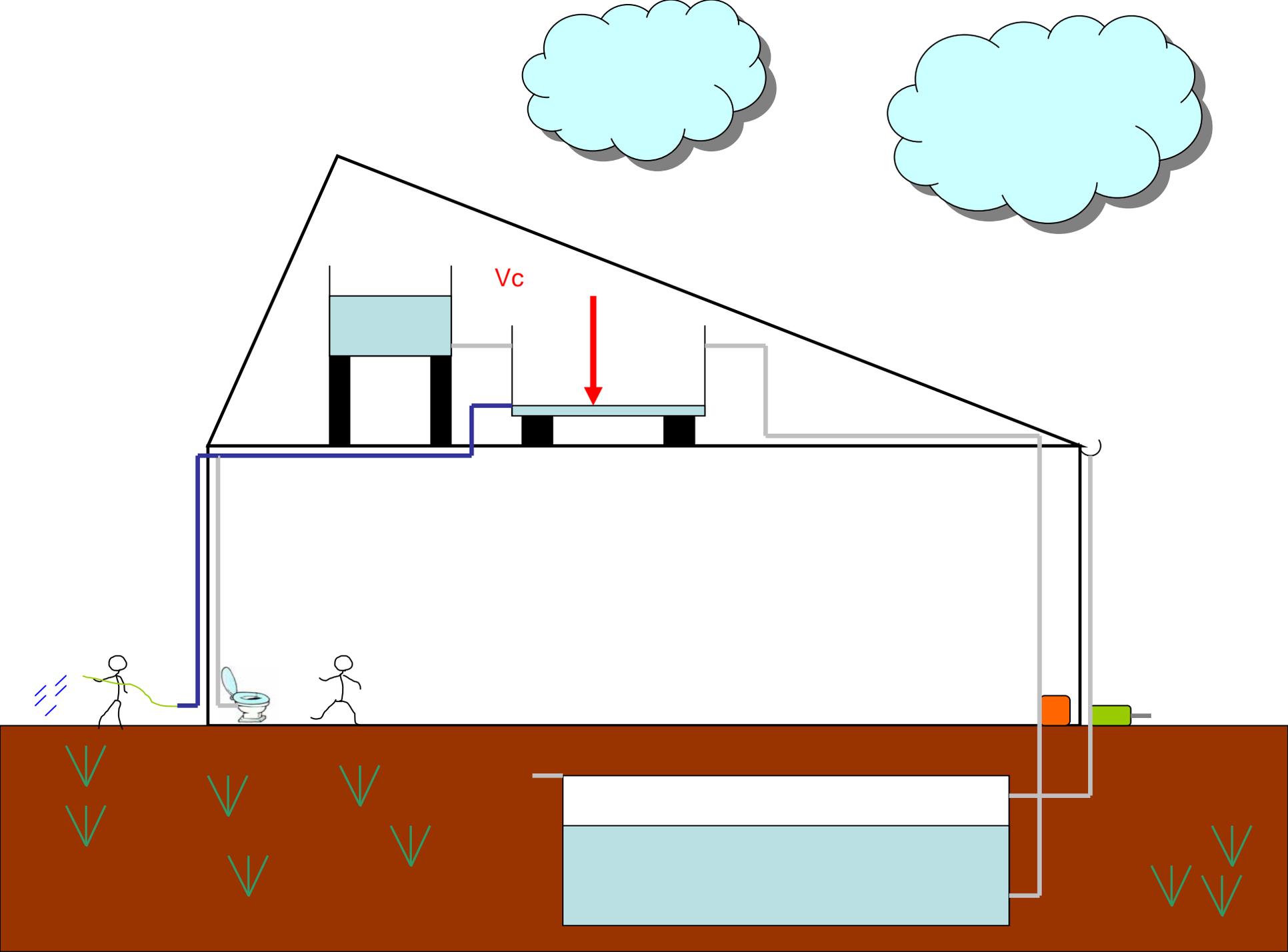








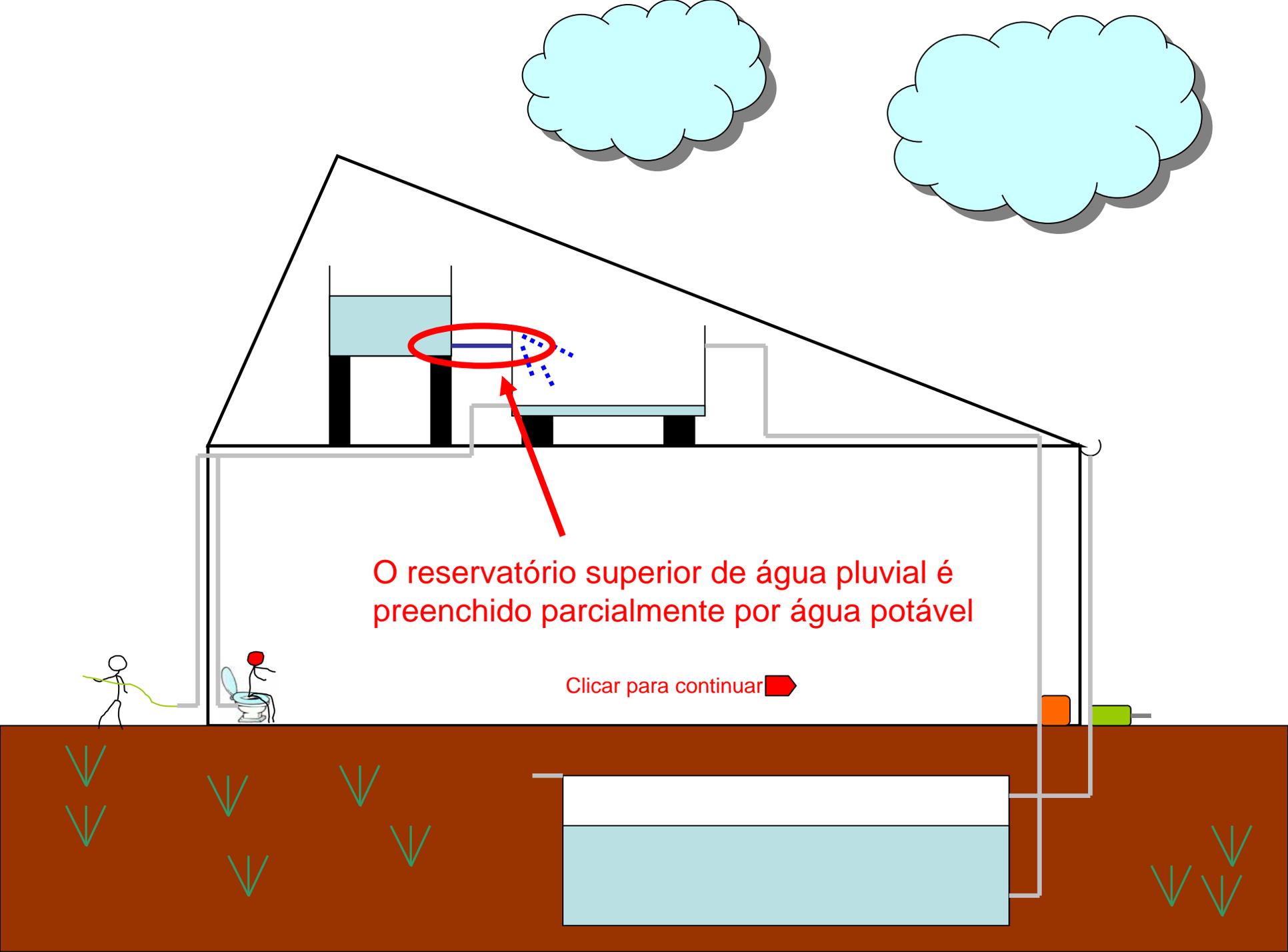






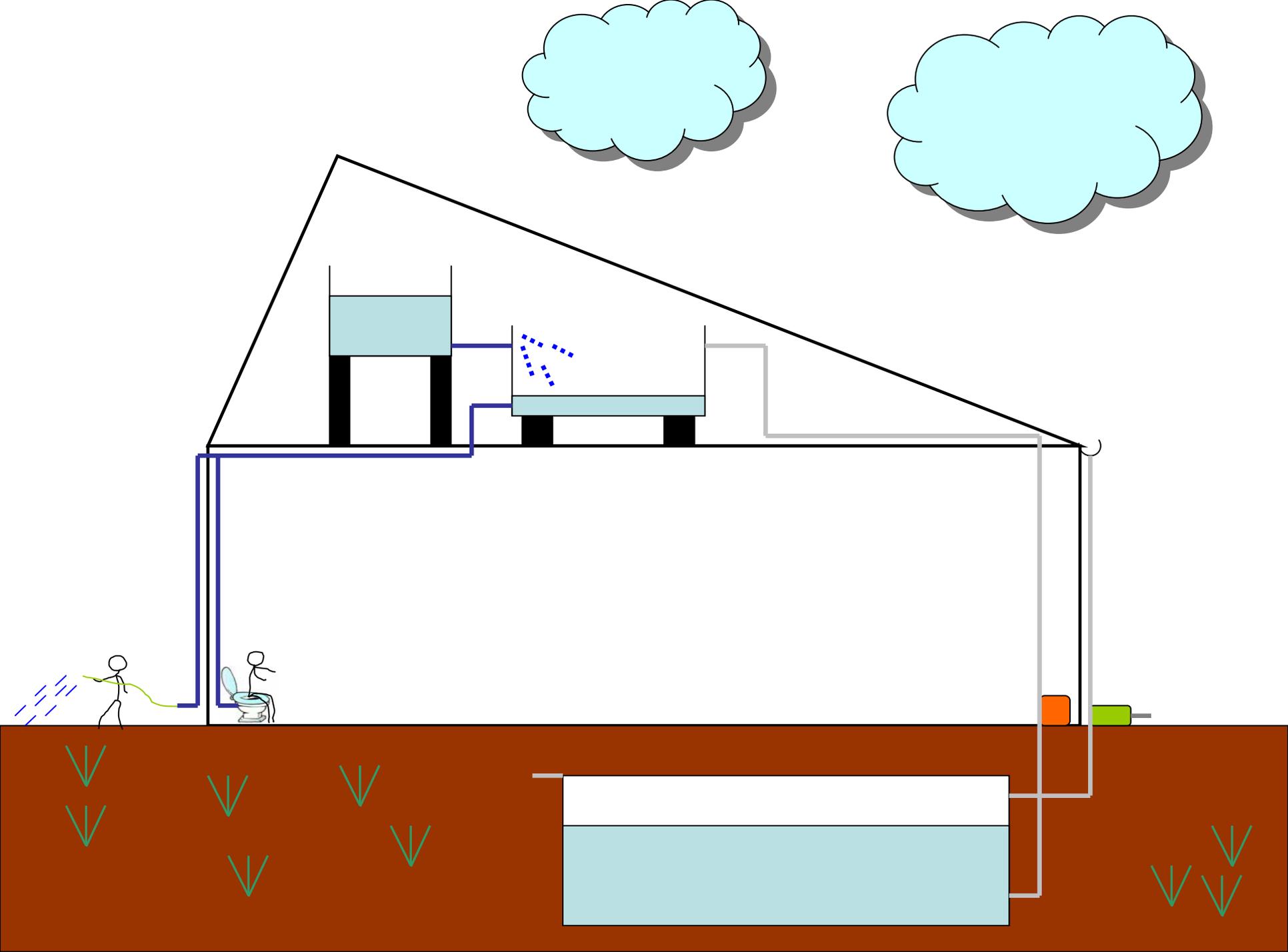
Não há mais disponibilidade de água pluvial

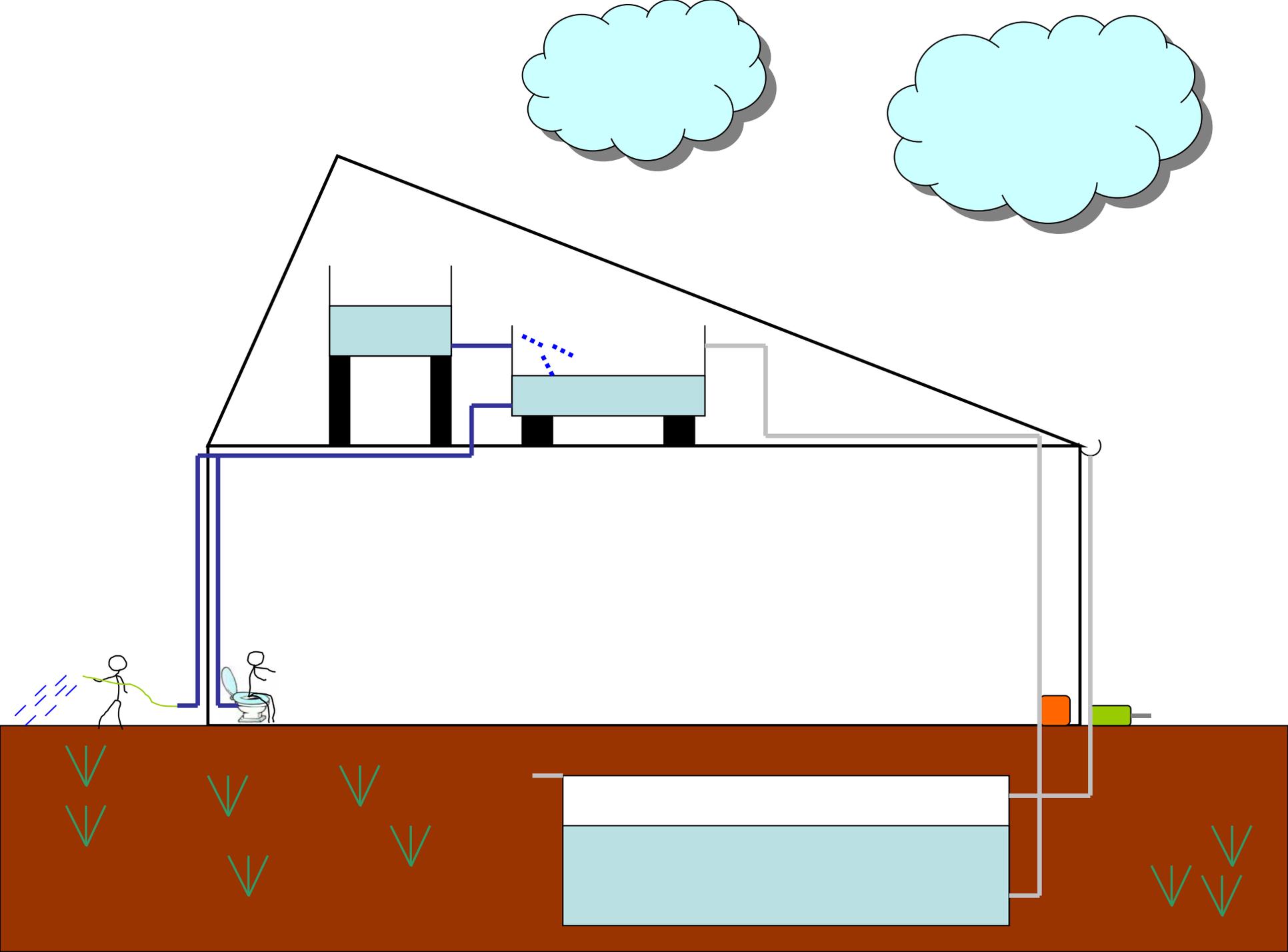
Clicar para continuar 

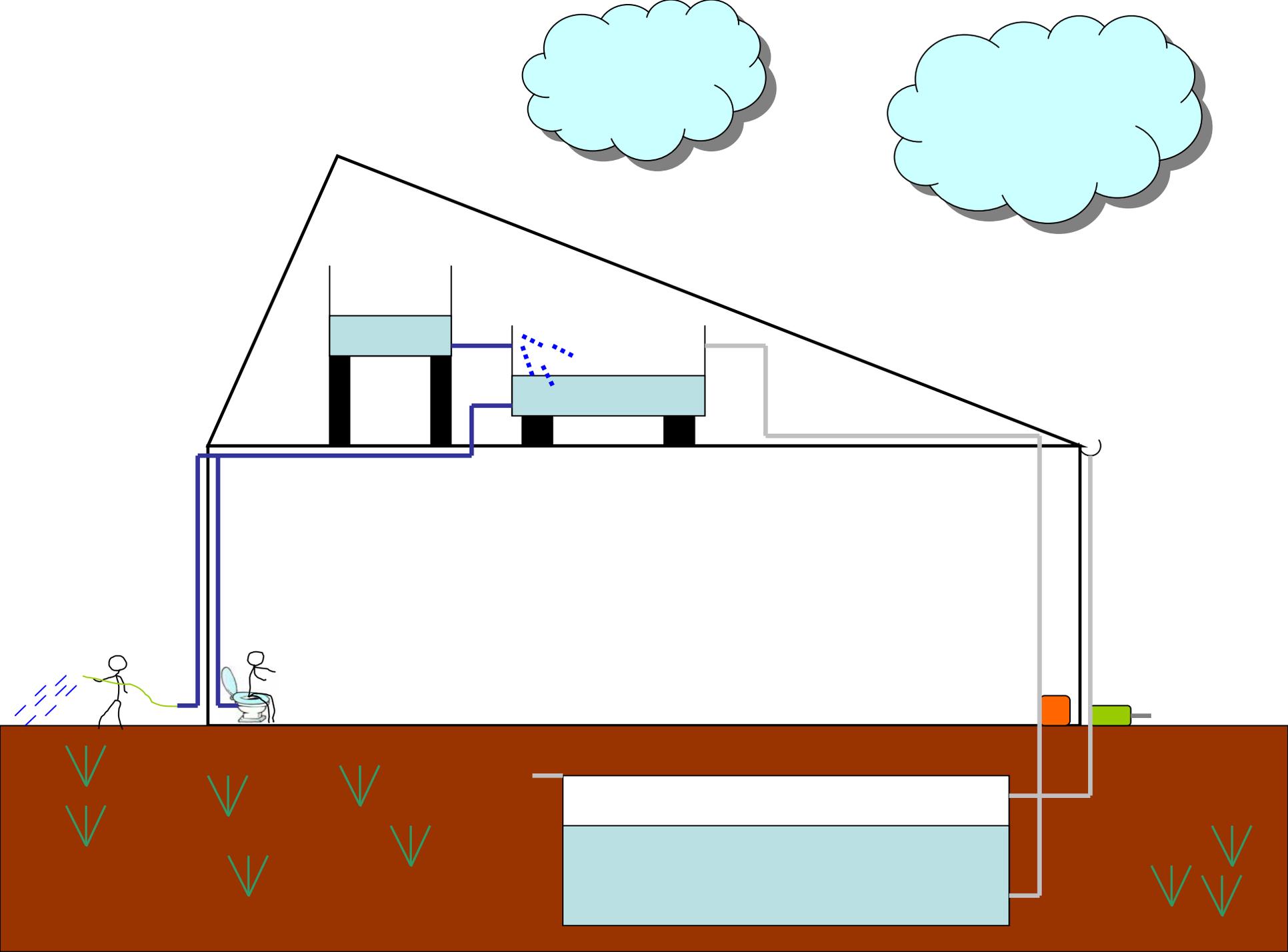


O reservatório superior de água pluvial é preenchido parcialmente por água potável

Clicar para continuar 





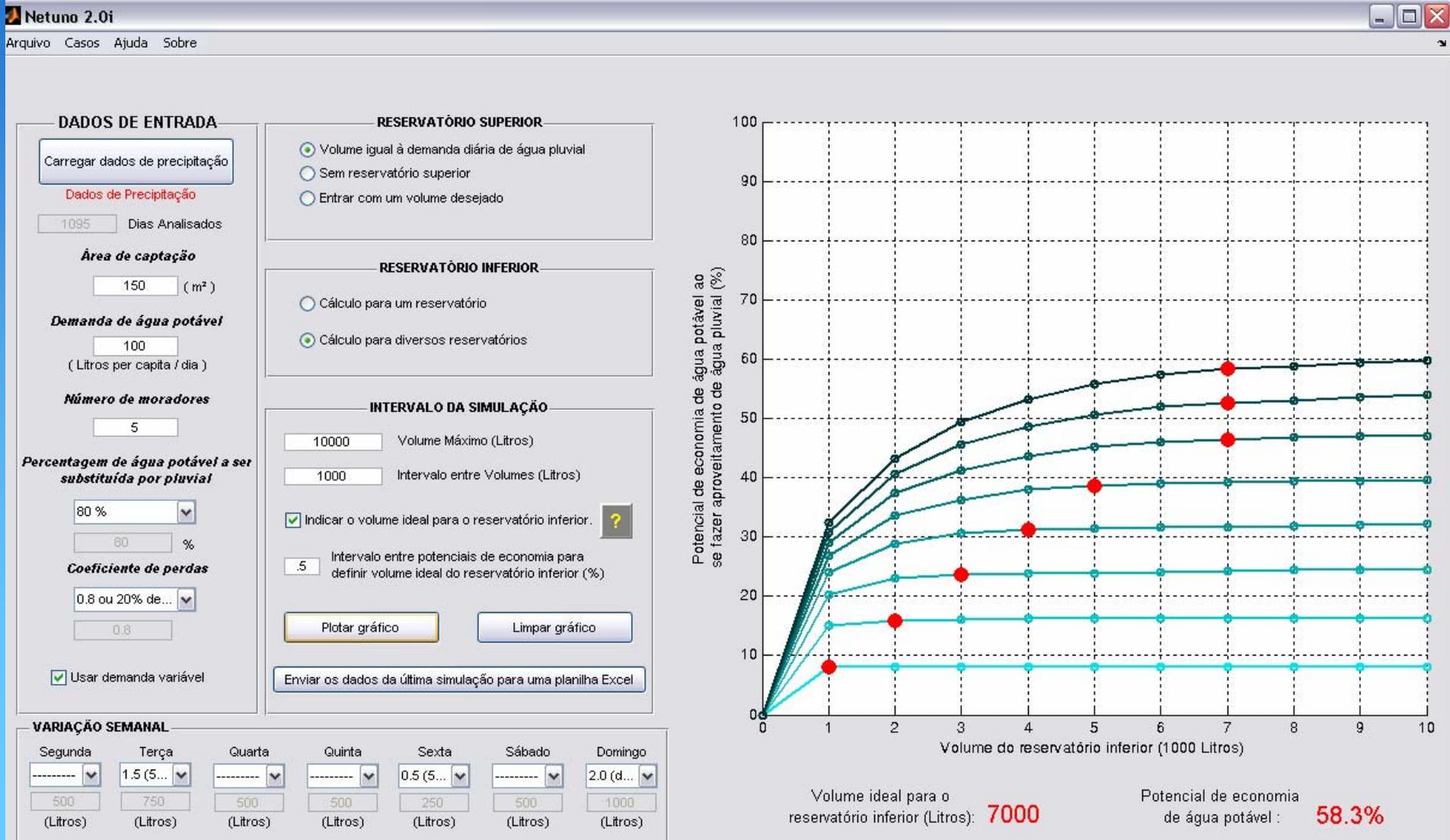




Fim do ciclo diário

Clicar para continuar com a apresentação 

## • Layout do programa Netuno



## •Dados de entrada

## Precipitação

Microsoft Excel - Dados de Precipitação Florianópolis

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Dados Janela Ajuda Digite uma pergunta

A1 2,2

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	2,2										
2	24,7										
3	0										
4	0										
5	3,3										
6	4,9										
7	3,8										
8	4,6										
9	0										
10	0										
11	29										
12	3										
13	9,1										
14	0										
15	8,6										
16	0										
17	0										
18	0										
19	0,6										
20	0,5										
21	0,2										
22	0										
23	22,5										
24	1,5										
25	38,8										
26	0,3										
27	0										

Plan1 Plan2 Plan3

Pronto

Nova característica do Netuno

**DADOS DE ENTRADA**

Carregar dados de precipitação

Dados de Precipitação

1095 Dias Analisados

**Área de captação**

( m<sup>2</sup> )

**Demanda de água potável**

( Litros per capita / dia )

**Número de moradores**

Percentagem de água potável a ser substituída por pluvial

**Coefficiente de perdas**

Usar demanda variável

- Dados de entrada
- Área de captação.
- Demanda de água potável.
- Número de moradores.

Obs: Quando necessário usar “.” no lugar de “,”

**DADOS DE ENTRADA**

Carregar dados de precipitação

Dados de Precipitação

1095 Dias Analisados

**Área de captação**  
[ ] (m<sup>2</sup>)

**Demanda de água potável**  
[ ]  
( Litros per capita / dia )

**Número de moradores**  
[ ]

**Porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial**  
[-----] ▾  
[ ] %

**Coefficiente de perdas**  
[-----] ▾  
[ ]

Usar demanda variável

- Dados de entrada

Percentagem de água potável a ser substituída por pluvial.

## Nova característica do Netuno

**Percentagem de água potável a ser substituída por pluvial**

outro valor ▾

- 10 %
- 20 %
- 30 %
- 40 %
- 50 %
- 60 %
- 70 %
- 80 %
- 90 %
- 100 %
- outro valor

**VARIA**

Segur... Quar

**DADOS DE ENTRADA**

Carregar dados de precipitação

Dados de Precipitação

1095 Dias Analisados

**Área de captação**

( m<sup>2</sup> )

**Demanda de água potável**

( Litros per capita / dia )

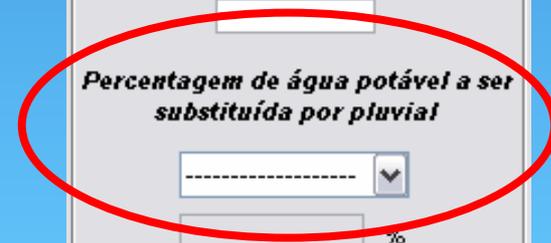
**Número de moradores**

**Percentagem de água potável a ser substituída por pluvial**

%

**Coefficiente de perdas**

Usar demanda variável



- Dados de entrada

## Coeficiente de perdas

**Coeficiente de perdas**

----- ▾

-----

- sem perdas
- 0.9 ou 10% de perdas
- 0.8 ou 20% de perdas
- 0.7 ou 30% de perdas
- 0.6 ou 40% de perdas
- 0.5 ou 50% de perdas
- 0.4 ou 60% de perdas
- 0.3 ou 70% de perdas
- 0.2 ou 80% de perdas
- 0.1 ou 90% de perdas
- outro valor

-----

**DADOS DE ENTRADA**

Carregar dados de precipitação

Dados de Precipitação

1095 Dias Analisados

**Área de captação**

----- ( m<sup>2</sup> )

**Demanda de água potável**

-----  
( Litros per capita / dia )

**Número de moradores**

-----

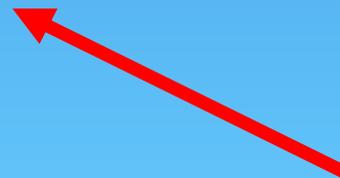
**Porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial**

----- ▾  
----- %

**Coeficiente de perdas**

----- ▾  
-----

Usar demanda variável



## •Dados de entrada

Usar demanda Variável durante as semanas.

A partir da entrada dos valores da demanda de água per capita e do número de moradores, o Netuno calcula a demanda média por dia que pode ser modificada com essa ferramenta.

$$100 \times 5 = 500$$

**VARIAÇÃO SEMANAL**

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
-----	-----	0.5 (5...)	-----	2.0 (d...)	outro ...	-----
500	500	250	500	1000	567	500
(Litros)	(Litros)	(Litros)	(Litros)	(Litros)	(Litros)	(Litros)

sem consumo  
0.75 (75% abaixo da demanda de água potável)  
0.5 (50% abaixo da demanda de água potável)  
0.25 (25% abaixo da demanda de água potável)  
-----  
1.25 (25% acima da demanda de água potável)  
1.5 (50% acima da demanda de água potável)  
1.75 (75% acima da demanda de água potável)  
2.0 (dobro da demanda de água potável)  
outro valor

**DADOS DE ENTRADA**

Carregar dados de precipitação

Dados de Precipitação

1095 Dias Analisados

**Área de captação**

----- ( m<sup>2</sup> )

**Demanda de água potável**

100  
( Litros per capita / dia )

**Número de moradores**

5

**Porcentagem de água potável a ser substituída por pluvial**

-----

----- %

**Coefficiente de perdas**

-----

-----

Usar demanda variável

## •Reservatório superior

**RESERVATÓRIO SUPERIOR**

Volume igual à demanda diária de água pluvial

Sem reservatório superior

Entrar com um volume desejado

(Litros)

Nova característica do Netuno  
Alteração no algoritmo

Obs: Quando necessário usar “.” no lugar de “,”

## • Reservatório Inferior (exemplo de simulação)

**RESERVATÓRIO INFERIOR**

Cálculo para um reservatório

Cálculo para diversos reservatórios

**INTERVALO DA SIMULAÇÃO**

Volume do reservatório inferior (Litros):

Potencial de economia : **40.1 %**

Volume extravasado : **114414 Litros/ano**

Percentual de dias do período de análise que atende a demanda de água pluvial :

a) Completamente : **77.6 %**

b) Parcialmente : **4.47 %**

c) Não atende : **17.9 %**

Para um reservatório

Resultados

## • Reservatório Inferior (exemplo de simulação)

Para diversos reservatórios

**RESERVATÓRIO INFERIOR**

Cálculo para um reservatório

Cálculo para diversos reservatórios

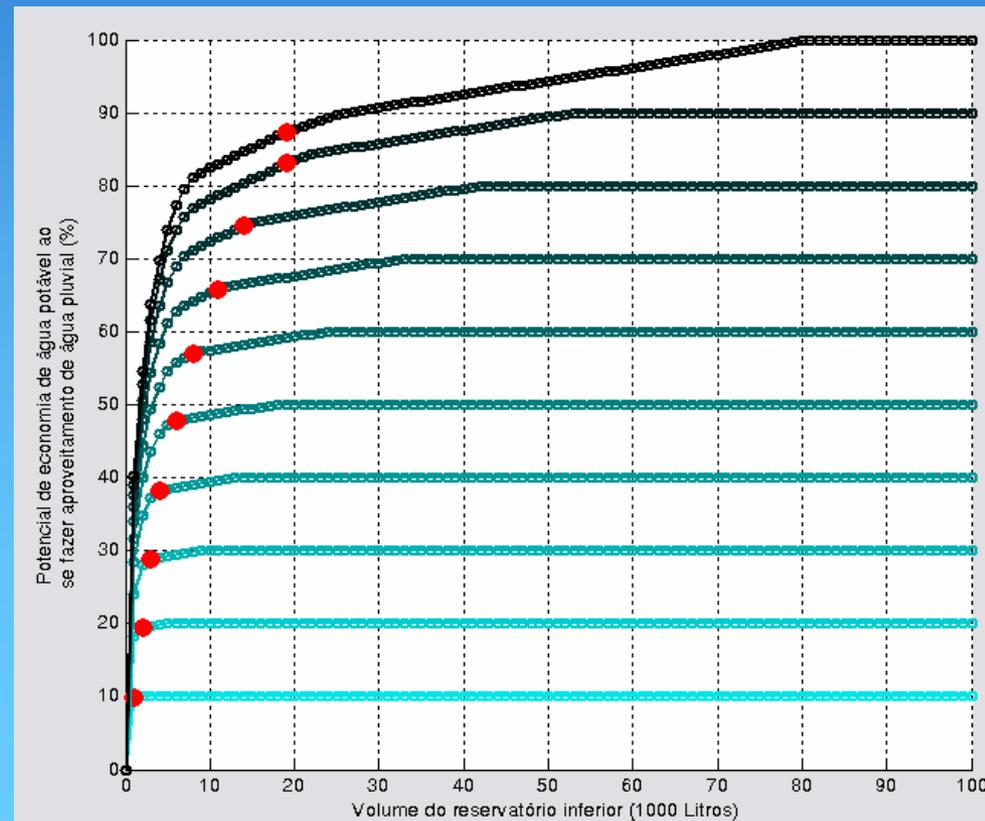
**INTERVALO DA SIMULAÇÃO**

Volume Máximo (Litros)

Intervalo entre Volumes (Litros)

Indicar o volume ideal para o reservatório inferior. 

Intervalo entre potenciais de economia para definir volume ideal do reservatório inferior (%)



## •Reservatório Inferior (exemplo de simulação)

Para diversos reservatórios

**INTERVALO DA SIMULAÇÃO**

100000 Volume Máximo (Litros)

1000 Intervalo entre Volumes (Litros)

Indicar o volume ideal para o reservatório inferior. ?

.5 Intervalo entre potenciais de economia para definir volume ideal do reservatório inferior (%)

Plotar gráfico      Limpar gráfico

**Enviar os dados da última simulação para uma planilha Excel**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Local	Dados de Precipitação		Volume do reservatório inferior	Economia	Volume de á	Volume cons	Percentagi	Percentagi	Percentage
2	Dias analisados	1095		0	0	188120	0	0	0	100
3	Moradores	5		1000	27,63261	130256	172842	51,50685	14,06393	34,42922
4	Demanda de água potável por dia (Litros)	100		2000	35,07082	114414	219368	66,57534	15,52511	17,89954
5	Área de captação	150		3000	38,24269	107467,333	239208	73,78995	14,97717	11,23288
6	Percentagem de água potável a ser substituída por pluvial(%)	50		4000	40,20911	103034	251508	77,62557	15,06849	7,305936
7	Coefficiente de perdas	0,8		5000	41,2809	100466	258212	80,54795	14,24658	5,205479
8	Reservatório Superior(Litros)	250		6000	41,78513	99081,3333	261366	81,55251	14,3379	4,109589
9	Intervalo entre Potenciais de economia para definir o volume ide	0,5		7000	42,04732	98201,3333	263006	82,19178	14,06393	3,744292
10	Volume ideal(Litros)	6000		8000	42,20719	97534,6667	264006	82,55708	14,06393	3,378995
11	Potencial Atingido(%)	41,78513189		9000	42,36707	96868	265006	82,92237	14,06393	3,013699
12				10000	42,52694	96201,3333	266006	83,19635	14,15525	2,648402
13	Demanda Variável(Dia)	Volume(Litros)		11000	42,68681	95534,6667	267006	83,56164	14,15525	2,283105
14	Segunda	500		12000	42,84668	94868	268006	83,83662	14,24658	1,917808
15	Terça	500		13000	43,00655	94201,3333	269006	84,10959	14,3379	1,552511
16	Quarta	500		14000	43,16643	93534,6667	270006	84,47489	14,3379	1,187215
17	Quinta	500		15000	43,3263	92868	271006	84,84018	14,24658	0,913242
18	Sexta	500		16000	43,48617	92201,3333	272006	85,20548	14,24658	0,547945
19	Sábado	1000		17000	43,64604	91534,6667	273006	85,57078	14,24658	0,182648
20	Domingo	500		18000	43,76499	90963,3333	273750	85,75342	14,24658	0
21				19000	43,76499	90620	273750	85,75342	14,24658	0
22				20000	43,76499	90286,6667	273750	85,75342	14,24658	0
23				21000	43,76499	89953,3333	273750	85,75342	14,24658	0
24				22000	43,76499	89620	273750	85,75342	14,24658	0
25				23000	43,76499	89286,6667	273750	85,75342	14,24658	0
26				24000	43,76499	88953,3333	273750	85,75342	14,24658	0
27				25000	43,76499	88620	273750	85,75342	14,24658	0
28				26000	43,76499	88286,6667	273750	85,75342	14,24658	0
29				27000	43,76499	87953,3333	273750	85,75342	14,24658	0
30				28000	43,76499	87620	273750	85,75342	14,24658	0



- As novas características do programa Netuno possibilitam a simulação dos sistemas de aproveitamento de água de chuva para diversos casos.
- Mesmo em fase de testes, o programa Netuno já trouxe satisfação aos novos usuários.

