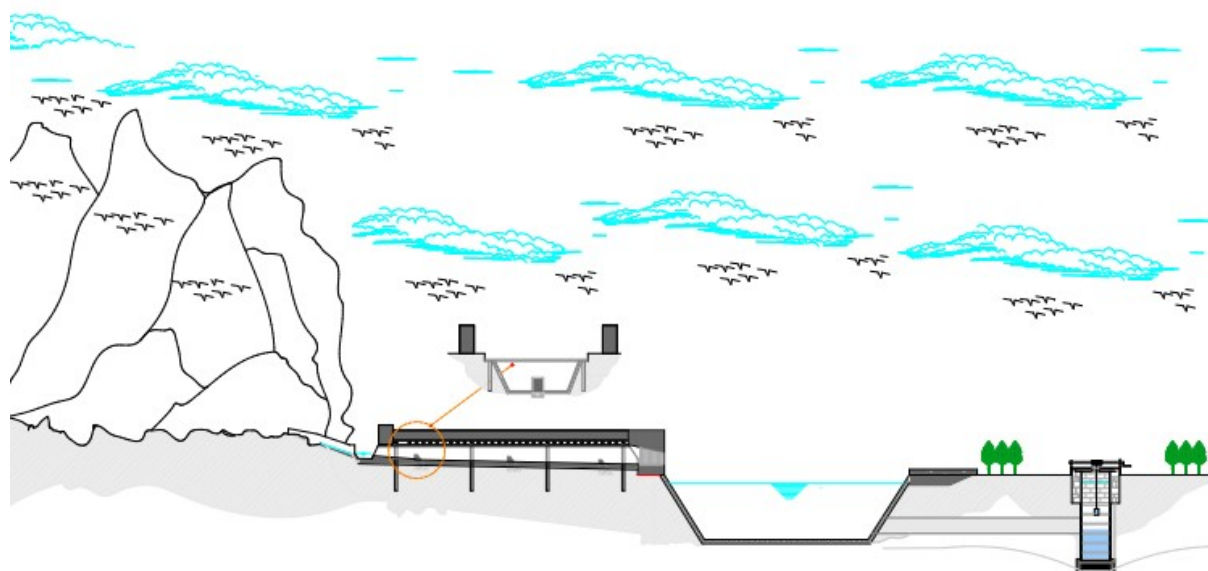




Instituto Superior Politécnico de Songo

DIVISÃO DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA HIDRÁULICA
Relatório de Estágio Profissional

PROPOSTA DE INFRAESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA BASEADAS EM ECOSSISTEMAS



Autora:

VERISSIMO, Águida Inácio

Supervisores:

Eng^o. Celso Luís Faife (ARA-Centro, IP)

M.Sc, Eng^o. Faria Joaquim Luís (ISPSongo)

Songo, Julho de 2022



Instituto Superior Politécnico de Songo

DIVISÃO DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA HIDRÁULICA
Relatório de Estágio Profissional

PROPOSTA DE INFRAESTRUTURAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA BASEADAS EM ECOSSISTEMAS

Autora:

VERISSIMO, Águida Inácio

Supervisores:

Eng^o. Celso Luís Faife
(ARA-Centro, IP)

M.Sc, Eng^o. Faria Joaquim Luís
(Instituto Superior Politécnico de Songo)

Songo, Julho de 2022



Instituto Superior Politécnico de Songo

DIVISÃO DE ENGENHARIA
LICENCIATURA EM ENGENHARIA HIDRÁULICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que a estudante _____ entregou no dia ____/
____/2022 ____ cópias do relatório do seu Estágio Profissional com a referência:
_____, Intitulado: **PROPOSTA DE INFRAESTRUTURAS DE**
ARMAZENAMENTO DE ÁGUA BASEADAS EM ECOSSISTEMAS.

Songo, aos ____ de _____ de 20__

A Chefe da Secretaria

Agleia Branquinho José Vidamão
(*Técnica Superior N1*)

Dedicatória

Dédico este trabalho aos meus pais, Inácio Veríssimo e Páscoa Veríssimo, aos meus irmãos, Isabel, Cremildo e Adelaide. E a toda a minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse a esta etapa da minha vida.

Agradecimento.

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus, pela vida, saúde e força que me fizeram chegar até aqui.

Quero agradecer aos meus pais, Inácio António Veríssimo e Páscoa Jaime Castigo, pela educação que me deram desde criança, pelo apoio financeiro e moral e por sempre estarem ao meu lado em todos os momentos da minha vida e da minha carreira estudantil.

Agradecer aos meus irmãos, Isabel, Cremildo e Adelaide e a minha prima Ivanilda por sempre me incentivarem a estudar, pelo apoio moral carinhoso e pelo amor.

Agradecer aos meus Avós, Mateus Espírito Santo e Ana Maria Sousa, pelo apoio, amor e ensinamentos que levarei para toda a vida. Agradecer também a toda a minha família, amigos e colegas que me acompanharam nessa jornada.

Ao meu querido amigo Norest Office, que sempre esteve ao meu lado durante a minha carreira estudantil, que nunca mediu esforço para me ajudar e ensinar, que teve um papel fundamental na elaboração do presente trabalho muito obrigada.

Ao meu Supervisor da ARA-Centro, IP, Engenheiro Celso Luís Faife, agradecer pela ajuda na escolha do tema, pelas orientações para a elaboração do trabalho que me fizeram adquirir mais conhecimentos durante as pesquisas, colaboração técnica e pelo tempo disponibilizado.

Agradecer ao meu Supervisor do Instituto Superior Politécnico de Songo, Engenheiro Farias Joaquim Luís, pela orientação na elaboração e organização do trabalho, colaboração técnica e pelo tempo disponibilizado.

Agradecer ao Chefe do Departamento de Obras Hidráulicas e Manutenção da ARA-Centro, IP. Engenheiro Carlos Mário Fenhane, pelo apoio, disponibilidade, pela colaboração técnica, e conhecimentos transmitidos ao longo da elaboração do trabalho.

Agradecer aos funcionários do Departamento dos Recursos Hídricos da ARA-Centro, IP, Engenheiro Moisés Macambaco, Dr. Miranda e Dr^a Núbia, pela orientação do estágio.

Resumo

Nos últimos anos, o governo de Moçambique tem enfrentado vários problemas no que respeita a disponibilidade da água para vários sectores no meio rural, sobretudo nas comunidades periféricas do país em geral. No entanto, a distribuição da água para o consumo humano tem sido um dos grandes problemas enfrentados pelo povo Moçambicano, razões pelas quais levaram a implantação de infra-estruturas para armazenamento de água, as chamadas obras convencionais de engenharia civil ou “infra-estruturas cinzas”, no entanto, apesar destas atenderem ao problema da demanda de água elas também causam impactos negativos ao meio ambiente como consequência desses impactos há destruição dos ecossistemas.

Nesse contexto surgiu a necessidade de criar soluções de infra-estruturas de armazenamento de água baseadas nos ecossistemas ou também chamadas de “infra-estruturas verde”, que possam ajudar a suprir as necessidades encontradas nas zonas mais afectadas pela falta de água principalmente em épocas de estiagem e minimizar os impactos ambientais gerados pelas infra-estruturas cinzas.

O presente trabalho tem como objectivo propor novas soluções de infra-estruturas verdes para o armazenamento de água ou melhoria das soluções existentes e a elaboração de critérios para a validação destas soluções. Para o presente trabalho foram propostas quatro soluções, das quais baseo-se na análise e discussão dos critérios para a validação, verificou-se que algumas soluções não cumprem com um dos critérios, porém cumprem com os demais critérios e conclui-se que as soluções propostas no trabalho são infra-estruturas verde para o armazenamento de água.

É importante saber que a infra-estrutura verde abrange soluções diversas em diferentes escalas de aplicação e tem capacidade de promover espaços verdes multi-funcionais e se integrar de forma a agregar múltiplas capacidades de serviços ambientais à infra-estrutura cinza. No final do trabalho são apresentadas, as novas propostas de soluções de infra-estrutura verde para o armazenamento de água, bem como as peças desenhadas do sistema de funcionamento para cada solução.

Palavras chaves: Disponibilidade de água, Ecossistema, Infra-estrutura verde.

Abstract

In recent years, the government of Mozambique has faced several problems regarding the availability of water for various sectors in rural areas, especially in the peripheral communities of the country in general. However, the distribution of water for human consumption has been one of the major problems faced by the Mozambican people, which is why they have led to the implementation of infrastructure for water storage, the so-called conventional civil engineering works or “gray infrastructures”, however, although they meet the problem of water demand they also cause negative impacts to the environment as a consequence of these impacts there is destruction of ecosystems.

In this context, the need arose to create solutions for water storage infrastructures based on ecosystems or also called “green infrastructures”, which can help to meet the needs found in the areas most affected by the lack of water, especially in times of drought and minimize the environmental impacts generated by gray infrastructure.

The present work aims to propose new green infrastructure solutions for water storage or improvement of existing solutions and the elaboration of criteria for the validation of these solutions. For the present work, four solutions were proposed, based on the analysis and discussion of the criteria for validation, it was found that some solutions do not meet one of the criteria, but they meet the other criteria and it is concluded that the solutions proposed in the work are green infrastructure for water storage.

It is important to know that the green infrastructure encompasses diverse solutions at different scales of application and has the capacity to promote multi-functional green spaces and to integrate in a way that adds multiple capabilities of environmental services to the gray infrastructure. At the end of the work, the new proposals for green infrastructure solutions for water storage are presented, as well as the designed parts of the operating system for each solution.

Keywords: Water availability, Ecosystem, Green infrastructure.

Índice

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento do tema	1
1.2. Objectivos	2
1.2.1. Objectivo geral	2
1.2.2. Objectivos específicos	2
1.3 Estrutura do trabalho	3
1.4 Problemática e Justificativa	3
1.4.1 problemática.....	3
1.4.2 justificativa.....	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1 Generalidade	6
2.1.1 Recursos Hídricos em Moçambique	6
2.1.2 Gestão da demanda de Água	6
2.1.3 Política de Águas em Moçambique.....	7
2.2 Infra-estruturas	7
2.3 Infra-estruturas de Armazenamento de água baseados nos ecossistemas	8
2.4 Exemplos de infra-estruturas verdes para armazenamento de água	9
2.4.1 Reservatório escavado cobertos.....	9
2.4.2 Trincheiras de captação de água de chuvas.....	10
2.4.3 Barragem de Areia	11
2.4.4 Barragens subterrâneas com poços amazonas	15
2.5. Infraestruturas cinzas ou obras convencionais de engenharia civil	19
2.5.1. Relação entre as acções, impactos ambientais e medidas mitigadoras .	21
2.6. Importância das Infraestruturas verde	25
2.7 Benefícios e vantagens gerais das infra-estruturas Verdes.....	25
3. METODOLOGIA.....	27
3.1 Métodos de pesquisa implementados	27
3.2 Procedimentos e técnicas.....	28
3.3 Definição de critérios para a validação das soluções.	28
3.4 Ferramentas usadas para a compilação final do trabalho:	28
4. PROPOSTA DOS NOVOS SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA BASEADO EM ECOSSISTEMA.....	30

4.1 Reservatório Escavado Modificado	30
4.1.1 Processos construtivos de reservatório escavado	31
4.1.2 Vantagens e Desvantagem do Reservatório escavado	33
4.2 Bacia encaixotada	34
4.2.1 Vantagem e desvantagens de bacia encaixotada.....	34
4.2.2 Metodologia de Implantação	36
4.2.3 Processos construtivos da bacia encaixotada.....	36
4.3 Trincheiras para captação das águas de chuvas nas residências.....	37
4.3.1 Processos construtivos	38
4.3.2 Vantagens e Desvantagens do sistema	39
4.4 Sistema de captação de águas de chuvas com telhas em zonas rurais.....	40
4.4.1 Vantagens e desvantagens do sistema	40
4.4.2 Processos construtivos	41
4.5 Validação das soluções	43
5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	47
5.1 Conclusão.....	47
5.2 Recomendação.....	48
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
7.ANEXOS E DESENHOS.....	50

Lista de figuras

Figura 1: Reservatório escavado. Fonte: ARA_Centro, IP	10
Figura 2: Trincheira de captação de águas de chuvas. Fonte: (EEPL'AN, 2017). ...	11
Figura 3: Representação esquemática de processo de sedimentação Fonte: (Adaptado de EEPL'AN, 2017).....	14
Figura 4: Ilustração do modelo Costa e Melo de barragem subterrânea.....	16
Figura 5: A escavação da vala, Fonte: Oliveira et al. (2010).....	17
Figura 6: Colocação da lona do lado de jusante, Fonte: Oliveira et al. (2010).....	18
Figura 7: Posse de aterramento da trincheira com o poço e colocação de enrocamento, Fonte: Oliveira et al. (2010).....	19
Figura 8: Barragem de Fera (Espanha) construída em 1747. Fonte: (www.panoramio.com/2016)	20
Figura 9: ANEXO DO RESERVATÓRIO ESCAVADO, FONTE: ARA_Centro, IP ...	50
Figura 10: ANEXO DO RESERVATÓRIO ESCAVADO, FONTE: ARA_Centro, IP .	50
Figura 11: ANEXO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DO RESERVATÓRIO ESCAVADO, FONTE: ARA_Centro, IP	51
Figura 12: ANEXO DO RESERVATÓRIO ESCAVADO, FONTE: ARA_Centro, IP .	51
Figura 13: LOCAL DE IMPLANTAÇÃO DO RESERVATÓRIO ESCAVADO, FONTE: ARQUIVO PESSOAL DA AUTORA.	52
Figura 14: VISITA DO LOCAL DE CONSTRUÇÃO DE BARRAGEM DE ÁREA, FONTE: ARQUIVO PESSOAL DA AUTORA.	53
Figura 15: VISITA A REPRESA DE CHACALANGA, FONTE: ARQUIVO PESSOAL DA AUTORA	Error! Bookmark not defined.

Lista de Tabelas

Tabela 1: Relação entre a acção, o impacto ambiental e a medida mitigadora correspondente com a construção de uma barragem	23
--	----

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural imprescindível a vida, ao desenvolvimento económico e ao bem-estar social. No entanto, a cada dia, este recurso está cada vez mais escasso, devido a vários cenários de calamidades naturais como as secas e o aquecimento global. No geral, as medidas humanas de adaptação sempre envolveram as chamadas infra-estruturas cinzas, como: barragens, diques, Reservatórios e canais artificiais de drenagens urbanas. Mais recentemente, propostas de infra-estruturas verdes para o armazenamento de água, que utilizam os ecossistemas no encaminhamento de soluções dos problemas de escassez de água, têm sido aplicadas, por serem medidas menos impactantes ao meio ambiente, por gerarem múltiplos benefícios e poderem apresentar menores custos de implantação e manutenção.

Nesta perspectiva, enquadra-se a necessidade de serem estabelecidas prioridades para a recuperação e promoção da utilização de infra-estruturas verdes como uma rede ecologicamente coerente e estrategicamente planeada composta por um conjunto de áreas naturais e seminaturais, que juntos melhoram o estado de conservação dos ecossistemas e sua resiliência, contribuindo para a conservação da biodiversidade e benefício das populações, além disso, interessa definir os meios de que se poderá lançar mão no futuro para racionalizar a utilização de recursos hídricos, otimizando os benefícios que estes, nas suas múltiplas utilizações, podem proporcionar e beneficiar as comunidades. (Costanza et al, 1997).

1.1 Enquadramento do tema

O Plano Quinquenal do Governo de Moçambique (2020 – 2024) engloba no seu todo um role de prioridades com vista ao alcance de metas estabelecidas em diferentes áreas de actuação governamental para período em referência. No âmbito do enquadramento do presente tema proposto no Plano Quinquenal (2020 – 2024), destacam-se as prioridades número II: impulsionar o crescimento económico, a produtividade e a geração de emprego. De acordo com o objectivo estratégico (x): Promover o desenvolvimento de infra-estruturas Económicas, Sociais e de Administração. E na prioridade número III: Fortalecer a gestão sustentável dos recursos naturais e do ambiente. De acordo com o objectivo estratégico (ii): Assegurar a conservação de ecossistemas, a biodiversidade e o uso sustentável

dos recursos naturais. As infra-estruturas constituem um suporte importante do desenvolvimento económico e social. A existência e a disponibilidade de infra-estruturas de qualidade que facilitam a actividade económica, reduzem os custos de transacção, criam empregos, melhoram as condições de vida e promovem a integração nacional e regional. Deste modo, o Governo prioriza as seguintes acções: Infra-estruturas Económicas e sociais: Prioriza o investimento em infra-estrutura de qualidade como a energia, telecomunicações, barragens multiusos, diques de protecção contra cheias, portos, estradas, ferroviárias e reservatórios escavados que facilitam a actividade económica, reduzam os custos de transacção, criam empregos, promovam a integração nacional e regional, e melhoram as condições de vida da população.

De acordo com documento no âmbito do desenvolvimento sustentável o presente tema se enquadra no objectivo número 9: Inovação e Infra-estruturas. AICD-Moçambique-Relatório-Nacional, relativamente aos recursos hídricos, o enorme potencial do país só foi parcialmente explorado. O desafio principal é lidar com a distribuição de água pelos diversos sectores atendendo a um modelo de infra-estruturas ambientalmente conscientes. A gestão dos recursos hídricos nacionais deve orientar-se para um aumento do rendimento das barragens existentes e planeadas, de modo a aumentar o abastecimento de água.

1.2. Objectivos

1.2.1. Objectivo geral

Desenvolver propostas de infra-estruturas para o armazenamento de água baseadas em ecossistemas verdes.

1.2.2. Objectivos específicos

- ❖ Descrever os conceitos relacionados com a temática das Infra-estruturas verdes para o armazenamento de água;
- ❖ Identificar os tipos de infra-estruturas verdes para o armazenamento de água;
- ❖ Apresentar propostas de infra-estruturas de armazenamento de água baseadas em ecossistema.
- ❖ Definir critérios para validação das soluções.

1.3 Estrutura do trabalho

O presente trabalho é constituído por sete capítulos dos quais, o primeiro capítulo destaca as notas introdutórias relativamente as chamadas infra-estruturas verdes e cinzas para o armazenamento de água, de forma genérica.

No segundo capítulo é feita a revisão bibliográfica onde são abordados os conceitos de infra-estruturas verdes e cinzas para o armazenamento de água, com mais destaque as infra-estruturas verdes como objecto principal de estudo do presente trabalho, também são apresentados os exemplos, benefícios e vantagens de infra-estruturas verdes para o armazenamento de água e riscos ambientais causados pelas infra-estruturas cinzas.

No terceiro capítulo será descrita a metodologia usada para a elaboração do presente trabalho, os materiais e os métodos de investigação aplicados.

No quarto capítulo, serão apresentadas as propostas das novas soluções de infra-estruturas verde para armazenamento de água e definição de critérios para a validação das soluções propostas no presente trabalho.

No quinto capítulo, são apresentadas as conclusões do trabalho e as recomendações, o capítulo seis, as referências bibliográficas usadas ao desenvolver o presente trabalho e por fim o capítulo sete onde são apresentados os anexos e peças desenhos.

1.4 Problemática e Justificativa

1.4.1 problemática

Os actuais problemas que se levantam no domínio dos recursos hídricos, impõem a necessidade de evitar que a crescente escassez de água possa constituir obstáculo ao desenvolvimento económico e social, apesar das Infra-estruturas de obras convencionais de Engenharia civil, prestarem grandes contribuições no que tange ao armazenamento de água para o desenvolvimento sócio-económico, com múltiplos benefícios para humanidade. Porém, a construção destas, provoca a modificação dos ecossistemas naturais, das quais destacam-se as alterações hidrológicas, atmosféricas, biológicas e sociais, na região de construção e na área

atingida pelo reservatório artificial, podendo afectar negativamente não só o meio ambiente mais também o bem-estar da população daquela região.

Para contornar esses efeitos, vários autores propõem soluções de infra-estruturas baseadas em ecossistemas denominadas infra-estruturas verdes como solução para minimizar os problemas dos impactos ambientais e assegurar o bem-estar da população.

Em Moçambique já extem infra-estruturas verdes de armazenamento de água construídas em vários cantos do país, em geral, e em particular na província de Tete, mas o conhecimento de técnicas para projectos, construção, operação e manutenção desse tipo de infra-estrutura ainda é muito escasso a nível local, evidenciando assim a necessidade de aprofundar estudos direccionados para o domínio das técnicas existentes e no desenvolvimento de novas propostas de soluções como pretende-se com o presente trabalho.

1.4.2 justificativa

Não basta apenas construir uma infra-estrutura para armazenar água, mas também é necessário garantir que haja uma boa gestão ambiental.A elaboração desta pesquisa tem como objectivo proporsoluções de melhoria e criação de novas propostasde Infraestruturas verdes para armazenamento de água,para o desenvolvimento das sociedades mais afectadas pela falta de água nos períodos secos e minimizar os impactos ambientais gerados pela implantação de infraestruturas cinzas.

A Infraestrutura verde constitui um meio facilitador de linguagem e maior consenso entre “conservantistas” e “desenvolvimentos”, considerando não apenas valores ecológicos envolvidos, mas também a dinâmica económica presente e as necessidades das comunidades locais (armazenamento de água ou de saúde). As Infra-estruturas Verdes compatibilizam a conservação da natureza com outras actividades promovendo um crescimento sustentável adaptável às realidades locais.

Como nota importante, o presente tema, pode-se considerar como um desafio para as comunidades moçambicanas principalmente das zonas onde se depara com maior índice de escassez de água nas épocas de estiagem, visto que trata-se de

formas mais económicas de armazenamentos de água em épocas de chuvas, no entanto, espera-se que através deste tema e junto aos Departamentos de Obras Hidráulicas de Moçambique e outras entidades competentes que velam sobre o meio ambiente e o ecossistema no geral, possa-se levar acabo como estudo importante ao meio ambiente e desenvolvimento socioeconómico do país.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Generalidade

2.1.1 Recursos Hídricos em Moçambique

Segundo a Estratégia Nacional de Gestão de Recursos Hídricos, (2007) os desafios de Moçambique na gestão e desenvolvimento dos recursos hídricos para o cumprimento das metas do Plano de Acção para a Redução da Pobreza Absoluta e das Metas de Desenvolvimento do Milénio, incluem água potável e saneamento, água para segurança alimentar e desenvolvimento rural, prevenção da poluição da água, e conservação dos ecossistemas, mitigação dos desastres e gestão do risco, gestão dos recursos hídricos transfronteiriços e partilha de benefício. Torna-se necessário e urgente desenvolver planos detalhados relativos ao desenvolvimento dos recursos hídricos para promoção dos serviços de abastecimento de água e saneamento, desenvolvimento da agricultura, gestão de desastres e protecção dos ecossistemas, incluindo a prevenção da intrusão salina nos estuários dos rios, da produção industrial, e da produção de energia hidroeléctrica.

2.1.2 Gestão da demanda de Água

A pressão actual sob os recursos hídricos e a escassez conduzem à adopção de medidas rigorosas por forma a melhorar a eficiência no uso da água com o objectivo de tornar a água mais disponível para responder às diferentes demandas. O crescimento das demandas e as ofertas limitadas, bem como a falta de conservação e de práticas de gestão da demanda resultam na sobre-exploração de águas superficiais e subterrâneas. Moçambique tem falta de infra-estruturas hidráulicas para regular adequadamente os escoamentos naturais, e para o controle de cheias, comparativamente à maioria dos países da SADC. Por isso, há uma necessidade urgente de desenvolver e manter as infra-estruturas hidráulicas com vista a aumentar e assegurar a disponibilidade de água para responder às demandas de água para as necessidades básicas das populações e desenvolvimento sócio-económico, mitigar os impactos negativos das cheias e secas. (Estratégia Nacional de Gestão de Recursos Hídricos, 2007).

2.1.3 Política de Águas em Moçambique

Segundo Política de águas, aprovada em 1995, revista em 2007 e 2016, que no âmbito do abastecimento de água e saneamento traça, entre outras, as seguintes linhas:

- ❖ As metas de desenvolvimento sustentável, acesso universal do abastecimento de águas e saneamento;
- ❖ Satisfação das necessidades básicas da população mais pobre, com objectivo da redução da pobreza, procurando sempre uma situação de sustentabilidade;
- ❖ A valorização da água não apenas como bem social e ambiental, mas também com valor económico que detém;
- ❖ A concentração do governo na definição de propriedades, padrões, regulamentação, regulação e promoção do sector privado e;
- ❖ Desenvolvimento de um quadro institucional que concorra para a gestão de água como recurso e provisão de serviços de abastecimento de água e de saneamento descentralizados e autónomos, onde o sector privado é chamado a participar.

2.2 Infra-estruturas

Infra-estruturas é o termo atribuído a todas obras de Engenharia, independentemente do tipo ou aplicação, da qual desempenham um papel vital para o desenvolvimento sócio económico de um país em todos os âmbitos, desde o ramo da construção até a redução da pobreza.

Segundo Manahan (1994 apud FARIAS, 2006). Infra-estrutura é o conjunto de serviços fundamentais para o desenvolvimento sócio-económico de uma região tais como saneamento e abastecimento de água, transporte, energia e telecomunicação. A falta de infra-estrutura dificulta a atracção de investimentos, a competitividade das empresas e a geração de novos empregos. As infra-estruturas podem ser divididas em dois grandes grupos nomeadamente:

- ❖ **Infra-estruturas Verdes** (Obras baseadas em Engenharias de Ecossistemas naturais e ecológica;

❖ **Infra-estruturas Cinzas** (Obras convencionais de Engenharias).

2.3 Infra-estruturas de Armazenamento de água baseados nos ecossistemas

i. Origem do conceito

As infraestruturas baseadas nos ecossistemas ou vulgarmente chamadas de Infraestrutura verde. O termo “Infra-estrutura verde” foi usado pela primeira vez, em 1994, na Florida, em um relatório dirigido ao governo americano sobre estratégias de conservação do meio ambiente, cuja intenção era a noção de que os sistemas naturais são tão ou mais importantes que os componentes de infra-estruturas convencionais (cinzas) ao funcionamento e desenvolvimento de uma comunidade. (FIREHOCK, 2010).

O termo, contudo, possui diferentes significados dependendo do contexto em que é usado: para alguns o mesmo se refere aos elementos vegetais que promovem benefícios ecológicos em áreas urbanas; para outros refere-se as estruturas de engenharia (como as de manejo das águas pluviais ou de tratamento de água) que são projectadas para serem ecológicas. Pode-se dizer que o planeamento de projecto de Infra-estruturas verdes tem como base as inter-relações do homem com a natureza (BENEDICT; MCMAHON, 2006). Abaixo são apresentadas definições de infra-estrutura verde segundo alguns autores.

FIREHOCK, (2010) define infra-estruturas verdes como sendo a estratégia que mantém os processos ecológicos naturais, assegura a qualidade do ar e dos recursos hídricos e contribui com a saúde e a qualidade de vida das comunidades.

Infra-estrutura verde é a rede de áreas naturais e semi-naturais, áreas verdes urbanas e rurais e áreas terrestres, aquáticas, costeiras e marinhas, que conjuntamente contribuem para o aumento da saúde e resiliência dos ecossistemas, auxiliam na conservação da biodiversidade e beneficiam populações humanas, por meio da manutenção e aprimoramento dos serviços ecossistemas (NAUMANN et al, 2011a, p.01).

Segundo BRANDÃO apud CRESPO, (2016) definem infra-estrutura verde como sendo a estratégia que busca imitar a natureza por meio da adopção de uma engenharia suave, trabalhando com a paisagem e se aproveitando dela para dar soluções multifuncionais e sustentáveis de longo prazo.

São vários os conceitos de infra-estruturas verdes. Porém, para o presente trabalho adoptar-se-á o conceito segundo, (BRANDÃO, CRESPO, 2016), porque apresentam concordância segundo os objectivos pretendidos no presente trabalho.

2.4 Exemplos de infra-estruturas verdes para armazenamento de água

Infra-estruturas verdes abrange soluções diversas em diferentes escalas de aplicação e tem capacidade de promover espaços verdes para armazenamento de água multifuncionais e se integrar com a infra-estrutura cinza, que são intervenções com base na engenharia convencional. Segundo o Plano Estratégico para o Desenvolvimento de Obras para Armazenamento de Águas na Bacia do Zambeze, abaixo são apresentados alguns tipos de infra-estruturas verdes e a descrição das mesmas.

2.4.1 Reservatório escavado cobertos

Estas estruturas foram concebidas como reservas de emergência em zonas de escassez muito elevada permitindo acumular água dos períodos húmidos na época mais seca. A alimentação de água é efectuada durante o período húmido (a partir do leito do rio e / ou de albufeira) e esta reserva de água será utilizada nos meses mais secos para apoio rural. Para minimizar as perdas por evaporação, que representam um elevado volume de água, o reservatório será tapado, pelo menos 80% da sua superfície exposta, para permitir a recarga directa através das chuvas e/ ou reduzir a superfície coberta do reservatório.

Nos casos em que alimentação do reservatório se faz com água da chuva, a cobertura deve ser móvel e estar totalmente aberta o período húmido em que se processa o enchimento.

O reservatório deverá apresentar formas alongada (para minimização dos vãos da cobertura a instalar) e ter uma profundidade da ordem de 5 a 6 m. existem diversos tipos de coberturas, sendo a menos onerosa a vulgarmente utilizada em estufas agrícolas (compostas por estrutura metálica com tela de cobertura). A cobertura destina-se a minimizar perdas de evaporação, minimizar a reprodução de mosquitos e consequentemente a prevalência da malária, bem como a minimização do risco de afogamento de criança e/ ou animais, a figura 1, mostra um dos modelos de reservatório escavado já construído pela ARA-Centro, IP (EEPL'AN, 2017).



Figura 1: Reservatório escavado. Fonte: ARA_Centro, IP

2.4.2 Trincheiras de captação de água de chuvas

As trincheiras são construídas por reservatórios escavados, com enchimento de material drenante e solos leves (com elevada porosidade), a implantar em leitos de cheia, em que o substrato em que assentam é constituído por solo de baixa permeabilidade.

O funcionamento destas trincheiras é semelhante à das albufeiras de areia como são armazenamento de água enterrados, as perdas por evaporação são inferiores as que ocorrem na mesma superfície, mas expostas ao ar assim, o armazenamento de água disponível (na zona agrícola) é superior, essencialmente, durante a época seca. Esta solução pode constituir uma alternativa de areia em zonas em que é onerosa ou desaconselhável a execução de represas, ou ainda como criação de reserva de emergência em solos com características apropriadas.

Estas estruturas devem ser implantadas, preferencialmente, em zonas de rega nos leitos de cheia, paralelas ao curso de água, com profundidades de 4 a 5 m. A alimentação de água pode ser efectuada a partir do leito do rio por sistemas de dreno (com vala enterrada de materiais drenante envolto em geotêxtil e/ou geomembrana), distanciados de cerca de 300 m. Estas trincheiras são também alimentadas com a precipitação que cai directamente sobre elas.

Para melhorar as condições de captação de água, estas trincheiras poderão ser dotadas de poços tipo amazonas, este poderá, tal como já referido, permitir a

monitorização da evolução do nível da água e ainda a recolha de amostras para análise da qualidade da água, conforme indica a figura 2 abaixo (EEPL'AN, 2017).

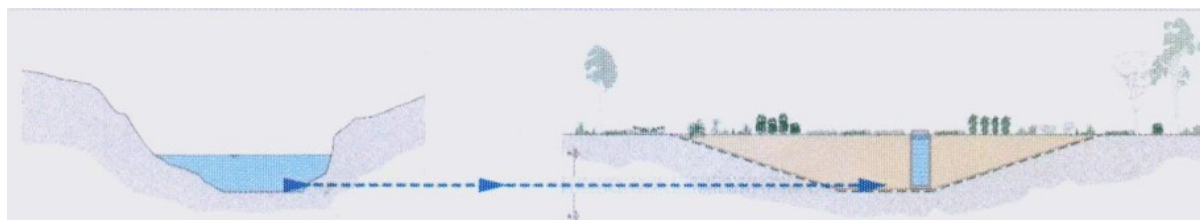


Figura 2: Trincheira de captação de águas de chuvas. Fonte: (EEPL'AN, 2017).

2.4.3 Barragem de Areia

As barragens de areia são estruturas construídas num curso de água, dimensionadas para reter água e areia. Quando correctamente dimensionadas e construídas, a áreas da albufeira fica cheia de areia grossa, ficando a água armazenada nos interstícios dos grãos de areia. A sua estrutura é semelhante a represa clássica, embora não dispondo dos circuitos de descarga de fundo e tomada de água. É também importante realçar que a construção da obra de retenção de uma barragem de areia deve ser faseada de forma a reter preferencialmente a areia de maior granulometria e evitar a colmatção através de síltes e argilas que deverão ser conduzidos para jusante.

Isto implica que a construção adequada de uma obra de retenção desta natureza poderá ter que ser desenvolvida ao longo de vários anos (EEPL'AN, 2017).

i) Metodologia de Implantação

Após se entender o propósito e o modo de funcionamento da barragem de areia, seguem-se a abordagem sequencial para a implantação de uma barragem de areia. São identificados os seguintes passos:

- ❖ Selecção do local e envolvimento da comunidade;
- ❖ Calculo da estrutura e projecto;
- ❖ Avaliação da utilização de água;
- ❖ Escavação e construção;
- ❖ Operação e manutenção (estabelecimento de uma estrutura de gestão da água, comité da água, responsáveis, e disponibilização de formação);

❖ Monitoramento e avaliação.

Para facilitar as condições de captação de água, é usual a instalação de poço tipo artesianos.

Estas barragens são especialmente apropriadas para zonas com elevadas taxas de evaporação, e a localização ideal para uma barragem de areia é um curso de água temporário com formações rochosas no seu leito. As margens devem ser de material rochoso e ter alguma profundidade (no mínimo 2 m). Curso de água deve ter um elevado caudal de areia em situação de cheia. O declive do curso de água a montante da barragem deve ser fraco, para que a areia se deposite numa maior extensão a montante da estrutura.

O sucesso da construção de uma barragem de areia depende fortemente da escolha do local apropriado. É vivamente aconselhada a visita a uma barragem de areia cuja implementação tenha sido bem sucedida.

As barragens de areia oferecem uma alternativa viável de armazenamento de água em zonas áridas e semiáridas, onde a construção de reservatórios de superfície ou de pequenas barragens de aterro nem sempre são a solução mais adequada. Isto pode dever-se a diversos motivos, incluindo as condições topográficas, disponibilidade de materiais de construção a uma distância sustentável do local de construção da barragem e elevadas taxas de evaporação (EEPL'AN, 2017).

ii) Modelo de Funcionamento de barragens de areia

Através da construção de uma barragem de altura apropriada no leito de um curso de água, a areia transportada pelo escoamento durante a época de chuvas fica depositada a montante da estrutura, enchendo o reservatório de areia, criando um aquífero artificial. Este aquífero é recarregado na época das chuvas, e durante o período seco a água fica armazenada para utilização. A barragem deve ser construída por patamares de altura de cerca de (0.30- 0.50 m) cada, permitindo o enchimento com areia grossa de um patamar antes do seguinte ser construído. O não seguimento deste método resultara no enchimento da albufeira com sedimentos finos que armazenam uma quantidade de água substancialmente inferior ao que se obteria com sedimentos de granulometria superior (EEPL'AN, 2017).

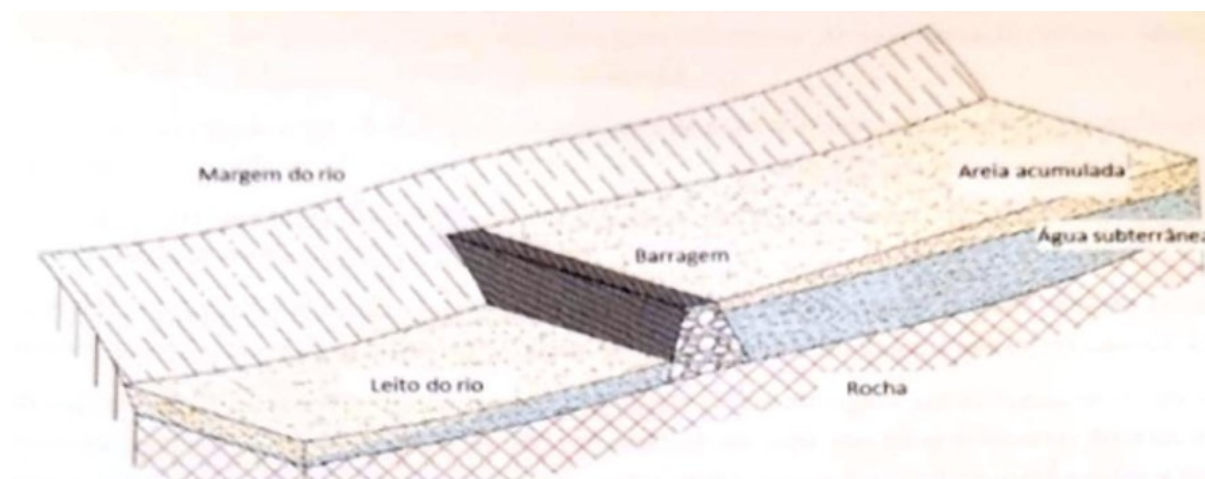


Figura 3: Secção transversal esquemática de uma barragem de areia Fonte: (Adaptado de EEPL'AN, 2017).

Antes da água poder ser armazenada na barragem de areia, esta precisa de estar cheia de sedimentos. Após eventos de precipitação extremos, os caudais dos rios transportam uma elevada quantidade de material sólido. A granulometria dos sedimentos transportados dependem da velocidade de escoamento do rio e do material que constitui as margens. O transporte de areia ocorre no início da época das chuvas, quando os solos ainda não estão protegidos contra a erosão. O processo de sedimentação da albufeira ocorre quando a velocidade do escoamento do rio diminui a montante da barragem. Os sedimentos de maior dimensão deixam de poder ser transportados devido à baixa velocidade que depositam a montante da albufeira a velocidade do escoamento é superficial transformando os sedimentos, e onde a zona de deposição termina, a redução brusca da velocidade provoca a sedimentação das partículas, “levando” o depósito de areia para mais próximo da barragem. A recepção continua deste processo, que se encontra ilustrado na figura 4, leva ao enchimento total da albufeira a montante da barragem (EEPL'AN, 2017).

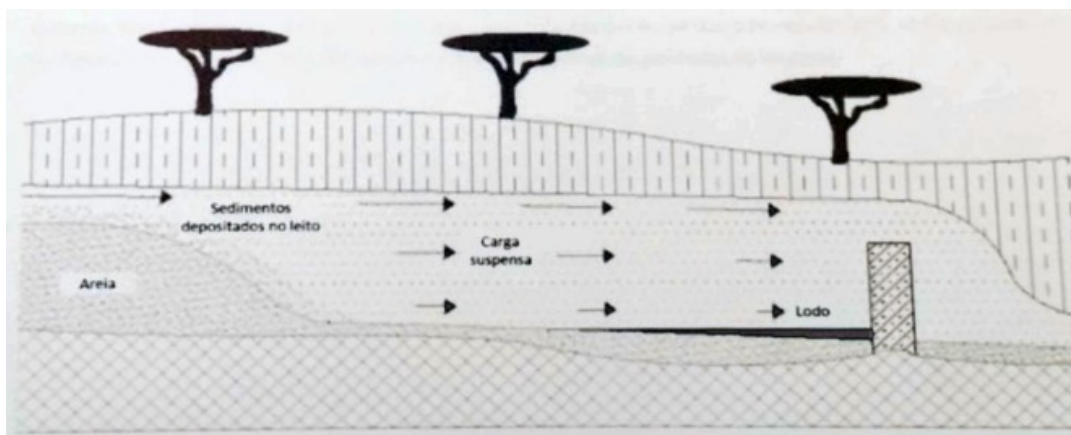


Figura 3: Representação esquemática de processo de sedimentação Fonte: (Adaptado de EEPL'AN, 2017).

iii) Vantagens de uso das barragens de areia

A principal vantagem da utilização de barragens de areia em detrimento de barragens clássicas é a redução das perdas de água por evaporação, o que é particularmente interessante em regiões áridas e semiáridas.

- ❖ Menor risco de contaminação da água (a água não está em contacto directo com o gado ou outros animais);
- ❖ Melhor infiltração (o escoamento dá-se através da areia, sendo a água filtrada);
- ❖ Redução da proliferação de mosquitos (que propagam doenças como a malária, entre outros insectos);
- ❖ Estruturas de baixo custo (com apoio da comunidade na fase de construção);
- ❖ Manutenção apropriada (utilizando material locais que podem ser mantidos pela comunidade);
- ❖ Sustentabilidade a longo prazo (grande envolvimento e compromisso por parte da comunidade local).

vi) Desvantagens das barragens de areias

As principais desvantagens relacionam-se com os riscos de colmatagem e dependência do processo de lavagem de finos, que se relaciona com vários factores não controláveis pelo homem.

2.4.4 Barragens subterrâneas com poços amazonas

As barragens subterrâneas com poço amazonas são uma solução de baixo custo, cujo objectivo é o armazenamento de água em unidades rochosas de natureza sedimentar, criando um aquífero granular artificial, e a sua captação especialmente para utilização na produção agrícola e outros fins de uso humano e animal.

Devido a sua construção subterrânea, estas barragens, permitem evitar o efeito de evaporação que, nas áreas em estudo, tem elevada expressão. Ao mesmo tempo, a instalação do poço amazonas permite a monitorização do nível freático, a capacidade de água e a avaliação da qualidade da mesma incluindo o seu nível de salinidade (EEPL'AN, 2017).

i) Escolha do local a ser implantada

A escolha do local onde se irá construir estas barragens deve, numa primeira fase, considerar os seguintes factores: espessura da camada aluvial, composição granulométrica, inclinação do terreno, inexistência de soleiras rochosas, relação morfológica do vale, distancia da área de recarga e a qualidade da água.

Em geral, as barragens sub-superficiais são mais comuns em cursos de água bastante amplos, com pequeno declive e com margens mal definidas, resultando em acumulação de sedimentos arenosos ao longo de todo o curso de água.

A realização de trabalhos de campo é essencial para a identificação, avaliação e selecção de locais adequados para a implementação de barragens subterrâneas. As principais questões a abordar durante as investigações no terreno incluem:

- ❖ Presença de formação de rochosa impermeável;
- ❖ Presença de sedimentos aluviais adequados com altas propriedades de porosidade e rendimento;
- ❖ Estanqueidade do curso de água;
- ❖ Nível da água dentro dos sedimentos aluviais;
- ❖ Acesso ao local para construção.

O estudo das condições locais deverá ser apoiado pelos ensaios mecânicos necessário à sua correcta avaliação, nomeadamente, pela realização de sondagens.

ii) Modelo de uma barragem subterrânea

No âmbito internacional, as barragens subterrâneas de pequeno porte têm sido implantadas na África, sobretudo no Quênia. A implantação das barragens subterrâneas, na África, é apoiada, em sua maioria, por organizações não governamentais (ONGs), em estreita parceria com os habitantes locais.

Existem vários modelos das barragens subterrâneas no mundo em geral, o que difere são formas de construção e capacidades de armazenamento da água, das quais pode se citar alguns modelos como: Caatinga; Costa & Melo; e Cpatasa/Embrapa.

O modelo Caatinga pode ser construído em qualquer área semiáridas, ou seja, nas regiões onde o tipo de clima é caracterizado pela baixa humidade e pouco volume pluviométrico como nas províncias de Maputo, Gaza e Inhambane, onde este modelo tem como as desvantagens de acumular pouca água e não prevê poço artesiano para o monitoramento do nível da água, o que dificulta a colecta de água, bem como seu nível e qualidade. Por sua vez, o modelo Costa e Melo é o mais difundido por apresentar as seguintes características: é o mais apropriado para a zona secas, é o de mais baixa complexidade de construção, permite o monitoramento da água e é de fácil construção, exploração e manutenção. Por fim, o modelo Cpatasa/Embrapa, além de ser de construção mais complexa e cara, somente deve ser construído, preferencialmente, em zonas sedimentares. A Figura 5, ilustra o modelo de barragem subterrânea mais comum já construído

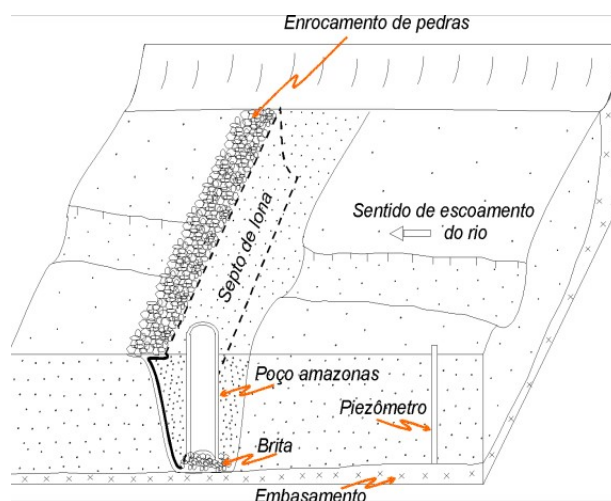


Figura 4: Ilustração do modelo Costa e Melo de barragem subterrânea

iii) Etapas de Construção de barragem subterrânea modelo Costa & Melo

Em relação a processos construtivos de barragens subterrâneas destacam-se as seguintes fases: (A escavação da vala, a colocação da lona e o aterramento).

Após observados todos os critérios de locação (qualidade do solo, largura e profundidade do canal do barramento), inicia-se a construção da barragem, escavando-se uma valeta transversal ao leito do riacho ou rio a ser barrado, cuja profundidade deve alcançar a camada impermeável do solo (rocha, ou seja, até encontrar as condições geológicas de rochas firmes ou de solo impermeável). A largura da valeta varia conforme o tipo de solo e profundidade da vala, normalmente ficando entre 1 a 1,5m. A vala pode ser aberta manualmente ou por meio de uma máquina retroescavadeira, sendo esta última, a forma mais segura e por utilizar uma quantidade menor de mão-de-obra, frequentemente escassa no local. A figura: 6, ilustra o processo de escavação da vala por meio de uma máquina retroescavadeira e limpeza feita manualmente.



Figura 5: A escavação da vala, Fonte: Oliveira et al. (2010)

Terminada a vala, procura-se ajustar ou uniformizar a parede que fica à jusante, local em que será colocada a lona plástica de polietileno de 200 micras. Isto é feito retirando raízes e fazendo o reboco da parede com argamassa de barro e água, evitando que a lona seja perfurada (BRITO et al., 1987).

Para se colocar a lona plástica, deve-se tomar os seguintes cuidados: não fazer tensão sobre a mesma; colocá-la quando os ventos forem brandos e a temperatura baixa, o que contribui para evitar sua dilatação e perfuração. Em caso de ter a lona perfurada, deve-se remendá-la, utilizando-se um pedaço do próprio material plástico e cola apropriada, a Figura: 5 ilustra o processo de colocação da lona feito de forma manual.



Figura 6: Colocação da lona do lado de jusante, Fonte: Oliveira et al. (2010)

Em seguida, deve-se escavar o terreno para a construção de um poço colector à montante, localizado o mais próximo possível da trincheira da barragem. O poço artesiano é construído com anéis ou manilhas de betão e tampa. Para a locação do poço, deve-se escolher o local da bacia hidrográfica da barragem de maior profundidade. O poço tem por objectivo facilitar a colecta e uso da água armazenada, por meio de colecta manual ou bombeamento, permitir a aferição do nível do lençol freático e monitoramento da salinidade. Para que a capacidade da barragem seja totalmente utilizada, um enrocamento de pedras soltas de 60cm de altura deve ser construído sobre a lona plástica de contenção.

Esta infra-estrutura tem como objectivo reduzir a velocidade do escoamento das águas das chuvas, facilitando, assim, a infiltração de um maior volume de água, o

aumento do pacote aluvionar e a melhoria da qualidade do solo. A figura: 6, indica últimas etapas de construção de uma barragem subterrânea com poço artesanal.



Figura 7: Possesso de aterramento da trincheira com o poço e colocação de enrocamento, Fonte: Oliveira et al. (2010).

É recomendável evitar construir barragens subterrâneas em áreas com predominância de solos salinos como exemplo das zonas costeiras do mar ou do oceano, uma vez que os mesmos tendem a elevar a salinidade da água acumulada na barragem subterrânea.

2.5. Infraestruturas cinzas ou obras convencionais de engenharia civil

Denomina-se infra-estruturas cinzas ou obras convencionais de engenharia civil a todas obras construídas com base no cimento ou qualquer outro material que na sua implantação possuem grandes tendências de modificar os ecossistemas naturais. O termo cinza é uma referência ao cimento utilizado na implantação ou urbanização dessas infraestruturas, como estradas; edifícios; barragens; dique; pontes; reservatórios em betão armado ou convencional, construídos com o propósito de armazenamento de água potável para consumo humano e ou outros fins de usos múltiplos, entre outras de superfícies impermeáveis. (SILVA, 2004).

Dos vários tipos de infra-estruturas cinzas acima mencionados, no presente trabalho abordar-se-á sobre as barragens como veículo primordial e responsável pela alteração dos cursos naturais de água e do ecossistema em geral.

As barragens são grandes obras e monumentos de engenharia que, pelas suas funções, têm sempre um importante impacto económico, humano e ambiental na sua zona de implantação e áreas circundantes. Tratando-se de estruturas de

importância vital, apresentam também um elevado potencial de risco, pelo que é fundamental disporem de um sistema de observação adequado que permita avaliar o seu comportamento para acções estáticas e dinâmicas na sua implantação.

Aproveitando primariamente os recursos existentes para a sua construção, abordagem que ainda hoje vigora como boa prática, as barragens fazem depender a sua geometria das características litológicas, topográficas e geotécnicas do terreno de implantação. As primeiras barragens foram construídas recorrendo-se aos materiais depositados nas margens dos cursos de água ou provenientes de locais próximos, à medida que estas obras foram evoluindo passaram a ser usados novos materiais e novas técnicas construtivas, nomeadamente alvenaria de pedra aparelhada de junta seca e posteriormente argamassada.

Tendo as formas dessas barragens sido precursoras das modernas barragens gravidade e em arco conforme a Figura 9 ilustra o modelo Primeira barragem de contrafortes de que existe registo, construída de alvenaria de pedra e argamassa.



Figura 8: Barragem de Feria (Espanha) construída em 1747. Fonte: (www.panoramio.com/2016)

Actualmente um dos maiores problemas enfrentados pela humanidade é a distribuição da água. A água de boa qualidade é essencial para a saúde da população. O uso para controlar inundações, para represar águas como fonte de energia hidroelétrica, para fornecer água para consumo humano direito, uso industrial, para irrigações, entre outras actividades é indispensável para a humanidade.(CARVALHO, H. L, 1982)

Segundo a Comissão Mundial de Barragens (2000), em torno do ano de 1950 alguns países e o sector privado estavam construindo um número cada vez maior de barragens, à medida que as populações aumentavam e as economias nacionais cresciam. Pelo menos 45.000 grandes barragens foram construídas em todo mundo para atender demandas de água ou energia. Hoje quase metade dos grandes rios do mundo tem, ao menos, uma grande barragem.

As barragens foram, desde o início da história da humanidade, fundamentais ao desenvolvimento socioeconómico de um país ou nação. O objectivo de sua construção deve ser uma medida para combater a escassez de água no período seco e a consequente necessidade de armazenamento de água para posterior o abastecimento. Um grande reservatório regulariza a oferta de água, disponibilizando-a em períodos de escassez à população e também atende as diversas finalidades supracitadas. Porém, não basta apenas construir um reservatório, é necessário ter uma gestão ambiental, cuja finalidade é regular o uso, controle, protecção e conservação do ambiente, assim como avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos pela política ambiental que também são aplicáveis nas implantações de barragens.(CARVALHO, H. L, 1982)

2.5.1. Relação entre as acções, impactos ambientais e medidas mitigadoras

A construção de infraestruturas cinzas, principalmente as barragens implicam em alterações do ecossistema natural (da fauna, da flora, do clima e dos costumes da sociedade local), entre outras. É comprovado que nem sempre são previstos pelos construtores as devidas medidas para eliminar ou reduzir essas alterações que causam grandes impactos à sociedade em relação aos aspectos social, ambiental e cultural (MULLER, A.C,1995).

Os estudos de impactos ambientais têm como objectivo prever os efeitos de actividades humana sobre o meio ambiente e na determinação de procedimentos a serem utilizados preventivamente para diminuir ou evitar os seus efeitos negativos. A intensidade desses impactos é avaliada comparando-se os valores resultantes de determinada actividades com os valores da situação caso não fosse implantada a

mesma actividade. Todo impacto ambiental causado por uma barragem requer medidas mitigadoras, que são acções ou soluções que venham a corrigir esses impactos minimizando seus efeitos sobre a natureza.

As barragens por serem obras convencionais de engenharia muito impactantes, causam sérios danos ao meio ambiente a ponto de inviabilizar a sua construção. Logo, é necessário prever custos às acções mitigadoras nos orçamentos de barragens, a fim de inseri-los nos novos orçamentos de construções de barragens(CARVALHO, H. L,1982).

Os serviços da construção de barragens que causam impactos ambientais necessitam de uma análise, tendo em vista a consideração das medidas mitigadoras que devem fazer parte dos orçamentos (quantitativos e preços unitários) da respectiva obra, para que estes estejam contemplados desde o início da concepção do projeto.

Os impactos socioambientais gerados pela construção destas infraestruturas são: Desmatamento da área local de implantação da obra; Poluição do ar na região; Poluição das águas; Degradação e erosão dos solos locais; Alteração do microclima da região; Prováveis abalos sísmicos no ato de tratamento da fundação destas, como sabe-se que geralmente as grandes barragens de betão, a fundação deve estar acento sob uma rocha sã o que implica o processo de escavações profundas envolvendo maquinarias de grande portes; Destruição do habitat da fauna; Extinção de algumas espécies nativas; Migração da fauna, devido a acção do maquinário; Ruptura de relações familiares e sociais e Realocação de pessoas.

Segundo MULLER, A.C. (1995), algumas medidas mitigadoras que podem ser tomadas para os impactos socioambientais gerados pela construção de barragens são:

- ❖ Implementação de projetos de desmatamento racional;
- ❖ Elaboração e implementação de programas técnicos e racionais de limpeza da área a ser inundada;
- ❖ Implantação da estação climatológica;
- ❖ Implantação da estação sismográfica;
- ❖ Planejamento de uso e ocupação do solo;

- ❖ Captura e encaminhamento de animais peçonhentos a instituições de pesquisa;
- ❖ Operação de salvamento de animais;
- ❖ Processos de reassentamento e indenizatórios e Elaboração de estudos de realocação da população.

A tabela abaixo mostra a relação entre a acção, o impacto ambiental e a medida mitigadora correspondente com a construção de uma barragem.

Tabela 1: Relação entre a acção, o impacto ambiental e a medida mitigadora correspondente com a construção de uma barragem

Item	ACÇÃO	IMPACTOS AMBIENTAIS	MEDIDAS MITIGADORAS
1	Desmatamento da área do reservatório	Destruição e extinção de espécies vegetativas nativas;	Implementação de um plano de desmatamento racional;
		Poluição do ar e águas da região;	Criação de reservas ecológicas;
		Alteração do microclima da região;	Implantação de obras de saneamento básico;
		Destruição do habitat da fauna;	Implantação de estações climatológicas;
		Extinção de algumas espécies nativas;	Realização de plantações de espécies vegetais na região próxima ao lago.
		Degradação do solo local.	Resgate e relocação de animais.
2	Expurgo de material	Degradação do solo local;	Implementação de um plano de destinação racional dos resíduos
		Poluição do ar	
3	Escavação e extração de material	Degradação do solo local;	Regularização de taludes das escavações (topografia);
		Poluição do ar;	
		Alteração da qualidade do solo.	Replanteio da vegetação.
4	Demolições	Alteração da qualidade do solo;	Projeto de reassentamento e relocação de pessoas;
		Poluição de água e ar da região;	Implantação de obras de saneamento básico;
		Destruição de cidades;	Indenizações;
		Ruptura de relações sociais e culturais;	Construção de novas cidades;
		Interrupção parcial das produções agropecuárias industriais e comerciais.	Compensação da população através de empregos com aproveitamento do reservatório;

Item	ACÇÃO	IMPACTOS AMBIENTAIS	MEDIDAS MITIGADORAS
			Elaboração e implementação de um programa técnico e racional para a limpeza da área a ser inundada.
5	Lançamento de betão	Alteração da qualidade do solo; Poluição de água na região	Implantação de obras de saneamento básico.
6	Formação do lago artificial	Alteração do microclima;	Implantação de estações climatológicas;
		Ocorrência de sismos;	Implantação de estações sismológicas;
		Migração da fauna;	Resgate e relocação de animais;
		Submersão de jazidas de minerais;	Estudos e exploração de áreas de empréstimos (jazidas, areais e pedreira) antes do enchimento do lago;
		Destruição de vias, rodovias e linha de transmissão elétrica.	Relocação de estradas, rodovias e linhas elétricas.
7	Execução de furos e perfurações	Ocorrência de sismos.	Implantação de estações sismológicas;
			Elaboração de plano de contingência.
8	Comunicação da construção da Barragem	Migração da população para cidades vizinhas e tensões sociais.	Informação a população da implantação do projeto de reassentamento e processo indenizatório;
			Ação social contínua junto à população desalojada.
9	Aumento da oferta de emprego	Competição desigual da oferta de trabalho;	Planejamento para a oferta de empregos;
		Imigração na região;	Plano habitacional de baixo custo;
		Problemas habitacionais e aumento da demanda de casebres.	
10	Enchimento do Lago artificial	Inundação de estradas, rodovias e linhas elétricas.	Relocação de estradas, rodovias e linhas elétricas.

Para além dos impactos ambientalmente negativos destas infraestruturas, sabe-se que toda construção de barragens gera benefícios, mas também gera prejuízos ao meio ambiente, pois sempre ocorrerá impactos socioambientais, podendo ser feito

pelos projetistas um plano para que esses impactos causem os menores danos possíveis ou talvez nenhum dano e que as devidas medidas mitigadoras sejam previstas nos orçamentos de barragens conforme descrito anteriormente.

Em um balanço geral, esses impactos tornam-se suportáveis quando se leva em conta a quantidade de vantagens que a obra traz para a região sacrificada pela seca.

Dentre os benefícios destaca-se o desenvolvimento hidroagrícola, o reforço no abastecimento de água das comunidades vizinhas, o controle de enchentes de rios, o desenvolvimento da piscicultura e a geração de novos empregos. Um ecossistema terrestre é degradado quando se tem a cobertura vegetal e a fauna destruídas, perda da camada fértil do solo, mudanças nos caudais ecológicos, qualidade do sistema hídrico, por ações como mineração, processos de erosão, terraplanagem, deposição de lixo e construção civil, entre outras (Duarte; Bueno,2006).Significativos impactos causados ao meio ambiente são consequência das atividades das obras de engenharia convencional, ou seja, das ditas infraestruturas cinzas.

2.6. Importância das Infraestruturas verde

A infra-estrutura verde pode ser fortalecida por meio de iniciativas estratégicas e coordenadas direcionadas para a manutenção, recuperação, enriquecimento e conexão entre áreas existentes e na criação de novas áreas (NAUMANN et al, 2011 a). Esse atributo e potenciais da infra-estrutura verde a tornam uma ferramenta importante em abordagens de. AbE (Adaptação baseada em Ecossistema), permitindo agregar conservação ambiental à manutenção dos serviços ecossistemas em uma única iniciativa. Assim, podem ser aplicadas em substituição ou somadas à infra-estruturas cinzas. Nos últimos anos, casos de infra-estrutura verde tem sido identificada como boas práticas a nível local quando essas práticas são combinadas a Infra-estruturas cinzas de forma a atingir maior resiliência e sustentabilidade urbana (FOSTER, LOWE e WINKELMAN, 2011).

2.7 Benefícios e vantagens gerais das infra-estruturas Verdes

COLLS, ASH e IKKALA, (2009). Diversos benefícios podem ser obtidos por meio da utilização de estratégias de infraestruturas baseada em ecossistemas tais como:

- ❖ Redução da vulnerabilidade aos riscos relacionados ou não ao clima, a AbE (Adaptação baseada em Ecossistema) pode gerar benefícios econômicos, sociais, ambientais e culturais, incluindo a redução de riscos relacionados aos desastres, pois ambientes saudáveis desempenham um importante papel na proteção da infraestrutura e na ampliação da segurança humana, agindo como barreiras naturais e mitigando os impactos dos eventos extremos como: secas, cheias, inundações, enchentes, furacões e tsunamis;
- ❖ A segurança alimentar (a proteção e restauração de ecossistemas saudáveis podem ajudar a garantir a disponibilidade e o acesso aos recursos naturais, permitindo às comunidades maior resiliência relativamente às mudanças climáticas);
- ❖ A conservação da biodiversidade, já que estratégias de AbE, podem permitir o aumento de áreas protegidas e a proteção de ecossistemas frágeis, além da restauração de ecossistemas degradados ou fragmentados; o sequestro de carbono (estratégias de AbE pode ajudar a mitigar os efeitos das mudanças climáticas por meio da gestão sustentável de florestas, que permite o acúmulo de carbono na biomassa das árvores e ainda mantém serviços de provisão para a população, como alimentos e água) e;
- ❖ Gestão sustentável da água (a restauração e proteção de ecossistemas podem, por exemplo, melhorar a qualidade da água, aumentar a recarga do lençol freático e diminuir o escoamento superficial da água durante tempestades).

3. METODOLOGIA

3.1 Métodos de pesquisa implementados

Pesquisa qualitativa: A realização do presente trabalho foi com base em várias investigações, que consistiram na busca de material teórico necessário para a compreensão dos conceitos relacionados à Infraestruturas de armazenamento de água baseadas em ecossistemas.

Método análise: consiste na desintegração, separação ou desmembramento de um todo em cada uma das partes que o compõem, com o objectivo de analisar cada um, a relação que cada tem com o todo, e alcançar um entendimento da operação do todo(FREIRE-MAIA,2007). Este método foi utilizado em todas fases do trabalho desde a busca de conteúdos relevantes durante a revisão bibliográfica até a discussão dos resultados.

Metodo síntese: consiste na reconstrução das partes de um todo até que ele seja formado, como parte fundamental, para alcançar a síntese, é necessário uma análise previa do fenómeno (FREIRE-MAIA,2007). Para o presente trabalho o método síntese foi aplicado em todos capítulos através de resumos das ideias e teorias dos trabalhos anteriores durante a revisão bibliográfica e da selecção de aspectos mais relevantes para a compilação dos restantes capítulos.

Método dedutivo: é o método que utiliza o raciocínio lógico para chegar a conclusões mais particulares/especificas a partir de princípios e preposições gerais. Consiste na extração de uma verdade particular a partir de uma verdade geral qual ela está implícita (FREIRE-MAIA,2007). O método dedutivo foi aplicado no capítulo 4, na definição de critérios para validação das novas soluções de Infraestruturas de armazenamento de água baseadas em ecossistemas.

Metodo indutivo: consiste na indução, ou seja, uma operação mental que consiste em se estabelecer uma verdade universal ou uma referência geral com base no conhecimento de certo número de dados singulares (FREIRE-MAIA,2007). O método indutivo foi aplicado para, melhorar ou modificar as Infraestruturas verdes já existente e na elaboração de novas soluções de infraestruturas de armazenamento de água baseadas em ecossistemas.

3.2 Procedimentos e técnicas

Revisão bibliográfica: baseou-se na leitura e análise de livros, normas técnicas, artigos e manuais disponíveis na internet e trabalhos anteriores com temas similares visando fundamentar os procedimentos técnicos a respeito da temática sobre as infraestruturas de armazenamento de água baseadas em ecossistemas

Desenvolvimento de propostas: o desenvolvimento das propostas consistiu, por um lado, em introduzir melhoria das soluções existentes e por outro lado na criação de novas soluções através da definição de critérios de dimensionamento, procedimentos dos processos construtivos, esboço e desenhos com recurso a softwares técnicos nomeadamente: Archicad e AutoCAD, onde foram realizadas as representações das disposições construtivas em planta e perfil com os seus respetivos detalhamentos.

Validação das propostas: a validação das propostas consistiu na análise de aspectos técnicos dos critérios objectivos definidos com base no conceito de infraestrutura de armazenamento de água baseados em ecossistema.

3.3 Definição de critérios para a validação das soluções.

Aproveitamento da paisagem natural é ambientes que apresentam apenas elementos da natureza, ou seja nesse tipo de áreas não há intervenção do humana. Suas características naturais são, portanto, preservadas, não sofrem nenhum tipo de modificação que não seja de ordem natural.

Engenharia suave é uma prática que usa princípios ecológicos sustentáveis para restaurar a estabilização do uso do solo, envolve técnicas construtivas não agressivas, de forma a suavizar a inter-face terra-água e reduzir os custos de restauração ecológica.

Sustentabilidade consiste na prevenção contra as ações que ameaçam a natureza e seu ecossistema, bem como garantir a existência de água pura, solos férteis e plantas e animais de qualquer espécie. É o desenvolvimento que não esgota os recursos naturais para o futuro.

3.4 Ferramentas usadas para a compilação final do trabalho:

Para a realização do presente trabalho foram utilizados softwares como:

- **MS-OFFICE, no pacote Word:** para auxílio na organização de informações;
- **TeXstudio, no pacote Látex:** para a compilação do trabalho final
- **Archicad:** para desenhos das soluções propostas no trabalho;
- **AutoCAD:** para detalhamento de peças desenhadas.

4. PROPOSTA DOS NOVOS SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA BASEADO EM ECOSISTEMA

4.1 Reservatório Escavado Modificado

O reservatório escavado modificado é uma das soluções de infra-estrutura verde ideal para o armazenamento hídrico, na qual, a água que poderá ser utilizada para diversos fins, como a agricultura, actividades domésticas, abeberamento de gado entre outras diversas actividades.

O reservatório escavado é uma infra-estrutura que respeita o meio ambiente e não causa impactos negativos que possam prejudicar a saúde e o bem-estar da população residente no local onde será implantada a infra-estrutura. A utilização da água do reservatório é feita de forma indirecta, sendo que, primeiro passa por um canal de filtração, conforme indica o esboço do reservatório em anexo, de modo a dar qualidade da água a ser distribuída através de uma fonte de captação, que neste caso trata-se de um poço comum escavado manualmente.

Em regiões ou zonas em que verifica-se mais evaporação do que a precipitação, com bases nestas condições climáticas influenciam na determinação da profundidade com que o reservatório deve ter, no caso do clima regional for quente o recomendável é o reservatório ser mais profundo ainda de modo a evitar a evaporação rápida e consequentemente esvaziamento do reservatório. A água entra no reservatório por meio do escoamento por gravidade da água precipitada conduzida a partir de um canal artificial que deriva a água do rio ou riacho para o reservatório. Em caso do local escolhido para a construção do reservatório for uma zona pantanosa, o processo de condução da água a partir do rio ou riacho pode não ser necessário, uma vez que a zona de construção do próprio reservatório, fornece condições favoráveis para obtenção da água através do elevado nível do lençol freático, de acordo com os estudos feitos pela autora, para zonas em que registam mais precipitação e menos evaporação, e o clima predominante destas regiões acima supracitadas destaca-se clima tropical húmido como por exemplo zona norte da província de Tete nos distritos de Maravia, Tsangano, Angónia, assim sendo, a proposta de construção de reservatórios escavados nestas condições pode ser inviável.

O objectivo de construção de um reservatório escavado deve ser uma medida para combater a escassez de água no período seco e consequentemente necessidade de armazenamento da mesma para o uso de consumo humano. Não basta apenas construir uma infra-estrutura, é necessário ter uma gestão ambiental, cuja finalidade é regular o uso, controle, protecção e conservação do ambiente, neste contexto, o uso de reservatório escavado em zonas com escassez de água nas épocas de estiagem, pode ser uma das soluções mais económica e ambientalmente saudável.

O estudo de impactos ambientais em relação a reservatórios escavados, tem como objectivo prever os efeitos da actividade humana sobre o meio ambiente e na determinação de procedimentos a serem utilizados preventivamente para diminuir ou evitar os seus efeitos negativos. A intensidade desses impactos é avaliada comparando-se os valores resultantes de determinadas actividades com os valores da situação caso não fosse implantada a mesma actividade. Para melhor interpretação do sistema, ver o **anexo A1**. Dos desenhos do reservatório escavado com seus elementos estruturais.

4.1.1 Processos construtivos de reservatório escavado

O processo construtivo de um reservatório escavado, segue uma sequência simples de lógica, iniciando-se pelo processo de localização da zona adequada e estratégica para a implantação da infra-estrutura de preferência nas zonas próximas de um rio ou riacho de modo a permitir a derivação de água para o reservatório a ser construído.

Após o critério de escolha do local de implantação e reconhecimento das condições morfológicas do terreno; faz-se a análise da localização das comunidades beneficiárias e da distância dos povoados em relação ao ponto de implantação do reservatório. Processos acima descritos, fazem parte do ante-projecto, abaixo segue a sequência das etapas de construção do reservatório.

- ❖ Efectua-se inicialmente uma escavação do reservatório, com base nas dimensões indicadas pelo projectista, com uma profundidade não superior a 4.0m, na superficial do reservatório em relação ao formato, pode tomar a forma rectangular ou quadrangular, enquanto que o seu perfil transversalmente terá a secção trapezoidal;

- ❖ Após a escavação do reservatório, segue o processo de impermeabilização dos taludes no interior do reservatório, onde este processo de impermeabilização pode ser feito, pelo material natural (argila ou solos impermeáveis); e também pode optar-se pelo uso de materiais artificiais como (lonas plásticas de polietileno de 200 micras ou mais). No caso de se utilizar solos impermeáveis como argilas para o revestimento dos taludes, recomenda-se ainda o uso de enrocamento como forma de dar mais sustento os taludes e aumentando desta forma a qualidade da infra-estrutura;
- ❖ De seguida, faz abertura de uma vala de secção recomendada pelo projectista, até o local de implantação do poço colector à montante, localizado o mais próximo possível do reservatório escavado. A vala deve conter no seu interior o revestimento de lona plástica e posteriormente enchida de agregado miúdo e finos, que desempenhara o papel de filtragem da água do reservatório até o poço. O poço é construído com anéis ou manilhas de betão e tampa para evitar as impurezas da água dentro do poço, na qual o objectivo deste, é de facilitar a colecta e uso da água armazenada, por meio de colecta manual ou bombeamento;
- ❖ O passo a seguir é feita a retirada da camada superficial dos solos a uma distância de afastamento das margens do reservatório até no mínimo 3m por uma profundidade de 60cm mínimo, colocando neste espaço, uma outra camada de solos vindos de câmara de empréstimo mais próximo possível, após a colocação de nova camada deve-se fazer a compactação mecânica ou manual e por fim coloca-se a camada de agregados miúdo de modo a segurar as impurezas transportadas pelo escoamento das águas pluviais nas épocas de chuvas;
- ❖ Seguindo a sequência, faz-se a escavação do canal partindo do curso da água mais próximo, permitindo desta forma, a derivação da água do rio ou riacho para o reservatório. Antes da passagem da água para o reservatório escavado, à uma distância de aproximadamente 4m, dentro do canal constroem se um pequeno sistema de filtro para impedir que as impurezas de proveniência do escoamento das águas do rio passem para o reservatório;
- ❖ Como etapa final da construção do reservatório, faz-se uma vedação do reservatório e do poço como forma de protecção da infra-estrutura.

Antes da entrega da infra-estrutura, aconselha-se a fazer uma capacitação de uma equipe local, para velar pela segurança e manutenção da infra-estrutura, como forma de garantir o acesso da água com condições mínimas de utilização.

4.1.2 Vantagens e Desvantagem do Reservatório escavado

i) Vantagens do Reservatório escavado

A principal vantagem da utilização de reservatório escavado, está relacionada com a fácil manutenção e utilização da água nas épocas de estiagem. Abaixo é feita a caracterização de algumas vantagens dos reservatórios escavados.

- ❖ Infra-estruturas de baixo custo (com apoio da comunidade na fase de construção);
- ❖ Manutenção apropriada (utilizando material locais que podem ser encontrados no local da comunidade beneficiaria);
- ❖ Sustentabilidade a longo prazo (grande envolvimento e compromisso por parte da comunidade local).
- ❖ Redução dos efeitos das secas e atenuação do período anual de estiagem;
- ❖ Aumento da área das actividades agrícolas, com sub-irrigação, dos estabelecimentos familiares;
- ❖ Redução do investimento financeiro em projectos para convivência com a seca;
- ❖ Democratização da oferta de água;
- ❖ Promoção de ganhos ambientais, pela recuperação da mata ciliar e conservação do solo, entre outras.

i) Desvantagens do Reservatório escavado

A principais desvantagens desta proposta, está relacionada com a perda de água por evaporação, dentre outras abaixo citados:

- ❖ Riscos de contaminação de água por meios de agentes externos;
- ❖ Capacidade de armazenamento de água limitada;
- ❖ A implantação deste tipo de reservatório, não se adequa a qualquer local (as zonas em que se predomina mais rochas dificultam as escavações do reservatório), entre outras.

4.2 Bacia encaixotada

A bacia encaixotada é uma infra-estrutura verde de média porte, que constitui uma grande contribuição ao meio ambiente aproveitando as depressões naturais das montanhas para escoamento das águas pluviais com base nas contribuições das ravina e voçorocas que descarregam no canal colector construída na base da montanha com o objectivo de recolher o maior caudal possível escoado partindo do topo das montanhas para o reservatório escavado.

A bacia encaixotada além de ser uma infra-estrutura hídrica de baixo custo, que envolve um processo simples de construção e operação, podendo ser implantada em locais que possuam as condições naturais favoráveis conforme acima descritos, aproveitando as altitudes das curvas de níveis naturais das bases de montanhas para recolha das águas pluviais. Esta obra, contribui para a redução dos efeitos negativos da estiagem (variabilidade anual) e das secas, em razão do aumento da disponibilidade de água para consumo humano e animal, e a redução dos riscos climáticos sobre as explorações agrícolas, principalmente, em pequenas propriedades rurais, conforme ilustrado nos **anexos A2**, para melhor interpretação do sistema, com seus respectivos elementos estruturais. Este sistema é de fácil gestão pelo facto de a sua manutenção e manuseamento não exigir grandes conhecimentos. Entretanto, como todo sistema, este possui vantagens e desvantagens.

4.2.1 Vantagem e desvantagens de bacia encaixotada

i) Vantagens do Sistema

Diante de todas as recomendações é preciso lembrar que a água é um bem comum, imprescindível à vida, que devemos proteger e preservar para as gerações futuras. É necessário um esforço colectivo para garantir o bom aproveitamento e o uso adequado deste precioso recurso. Reconhecer o real valor de um copo de água dentre os milhares de litros que abastecem um local e que contribuem para o seu desenvolvimento é um bom começo para a gestão deste recurso. Saber consumir a água implica em: usa-la adequadamente e de forma racional.

A vantagem de se utilizar o sistema de bacia encaixotada, reside em oferecer uma quantidade de água considerável em períodos de estiagem e acima de tudo de boa qualidade quando bem tratada. De entre outras e muitas vantagens, tendo um sistema de bacia encaixotada em uma aldeia que sofre de escassez de água é um grande avanço para ajuda humanitária no que diz respeito a crise hídrica e racionamento de água. Vale lembrar, no entanto, que a manutenção preventiva para esse sistema é essencial para evitar problemas de poluição da água no reservatório. Para melhor controle da qualidade da água é importante realizar análises e limpezas periódicas. Cita-se abaixo algumas vantagens importantes sobre o sistema acima descrito:

- ❖ O sistema possui um reservatório ecológico;
- ❖ O encaminhamento das águas ao reservatório é feito em canal aberto, o que facilita a sua limpeza e manutenção periódica;
- ❖ Não interfere no ciclo normal da ecologia local;
- ❖ Em uma cadeia montanhosa pode-se construir vários sistemas de bacias encaixotadas;
- ❖ Facilidade de implantação e custo de manutenção reduzido.

ii) Desvantagens da bacia encaixotada

Os principais problemas ou desvantagens que podem ocorrer em relação a bacias encaixotadas são: deficiência de construção do sistema em locais em que não se verifica grandes altitudes que não favorece requisitos mínimos de uma obra de captação; perda de água por evaporação como um grande factor de um problema desses tipos de sistemas.

- ❖ Em alguns casos o sistema pode ser implantado longe das comunidades;
- ❖ Necessidade de ter um profissional capacitado com conhecimentos técnicos reconhecidos para a implantação do projecto.

Independentemente do tipo de captação das águas superficial, seja por qualquer meio, devem ser considerados alguns procedimentos técnicos com a finalidade de evitar a sua rejeição ou trazer prejuízos ao consumidor.

4.2.2 Metodologia de Implantação

Para se construir o sistema de bacias encaixotadas, inicialmente deve-se ter em consideração as condições geológicas do terreno ou local de implantação do sistema através de ensaios granulométricas a fim de obter melhores resultados do sistema a ser construído e evitar possíveis problemas futuros, fazer o estudos de viabilidade de acesso ao local de instalação do sistema, com base nos dados censitários fazer o levantamento em relação a número de população a ser beneficiada em cada região onde será construído o sistema de bacia encaixotada.

Após se entender o propósito e o modo de funcionamento do sistema de captação de águas pluviais, a construção do sistema, segue as seguintes etapas:

- ❖ Selecção do local previamente estudado e envolvimento da comunidade;
- ❖ Cálculo da estrutura do projecto;
- ❖ Avaliação da utilização de água;
- ❖ Implantação/construção do sistema;
- ❖ Operação e manutenção (estabelecimento de uma estrutura de gestão da água, comité da água, responsáveis, e disponibilização de formação);
- ❖ Monitoramento e avaliação.

4.2.3 Processos construtivos da bacia encaixotada

- ❖ Como primeiro passo constrói-se a caleira junto/em volta do pé da montanha para recolher a maior quantidade de água que escoar proveniente da montanha, até a uma área de captação identificada,
- ❖ E construído um canal aberto que leva as águas captadas para o reservatório. Este liga a montanha a partir da área de captação até a boca de entrada do reservatório. Pode-se aproveitar dos caminhos de água ou ravinas criadas pelo escoamento das águas oriundas das montanhas. O canal poderá ter sistemas de filtro das águas que escoam em direcção ao reservatório, a fim de reduzir o índice de sedimentação ou o transporte de elementos que não interessam ao armazenamento;
- ❖ O Canal pode ser feito por material diverso, que vão desde argila, argamassa de cimento e areia até ao betão;
- ❖ De seguida construir um canal aberto que irá conduzir as águas até o reservatório ou pode-se aproveitar as ravinas criadas pelo escoamento

superficial das águas, em que o mesmo será feito de betão, e grelhas que tem a função de reter sedimentos transportados pelas águas.

Para a concepção do reservatório para armazenamento de água do sistema, seguem-se os seguintes passos:

- ❖ É escavado no ponto mais baixo, para poder facilitar a entrada da água no reservatório por gravidade, a escavação pode ser feita por meios mecânicos ou manualmente, pelo que se pretende que a sua profundidade não seja inferior 3 m;
- ❖ O reservatório pode ter o formato quadrangular ou rectangular de secção trapezoidal, tratando-se de um reservatório ecológico, para impedir as perdas de água por infiltração as paredes internas do reservatório serão revestidas de material impermeável (argila) e o mesmo será coberto para minimizar o efeito de evaporação rápida da água;
- ❖ Para a utilização da água, deve-se construir um poço ao lado do reservatório, isso fará com que haja controle e conservação da própria água.

4.3 Trincheiras para captação das águas de chuvas nas residências

Como forma de minimizar os impactos negativos causados por fenómenos naturais e artificiais devido a grandes áreas urbanas cobertas de pavimentos de obras convencionais de Engenharias, as trincheiras para captação de águas pluviais, entra em serviços de manutenção destes ambientais, sendo que, estes podem ser construídas nas áreas habitáveis desempenhando o papel de drenagem e melhorando a saúde pública, conduzindo as águas pluviais para um certo destino preparado para armazenar ou tratar as mesmas, que nas épocas de estiagem tornam águas de grande valor, devido à grande procura deste precioso líquido para atender actividades humanas em diversas áreas. No entanto, para este trabalho, no que respeita, a proposta da solução de trincheiras para captação de águas pluviais, será feita com base no princípio de drenagens urbana.

O sistema está projectado, principalmente, para armazenamento subterrâneo das águas superficiais em residências, evitando desta forma a estagnação das águas no quintal durante períodos longos nas épocas de chuvas, conforme ilustrado no

desenho do **Anexo A3**. Esse sistema visa complementar o sistema clássico de captação de águas pluviais através das calhas construídas sobre o caimento da cobertura da casa, conduzindo as águas para um reservatório geralmente construído de betão ou mesmo do reservatório plástico que pode ser enterrado ou elevado, que terá conexão com a caleira por meio de tubagem ou tubo de queda que irá conduzir as águas até o reservatório.

De salientar que o sistema torna se mais eficiente em locais onde ocorrem inundações durante épocas chuvosas, permitindo desta forma o armazenamento subterrâneo de água, para contornar o problema de saúde pública durante a precipitação de longa duração. A concepção e dimensionamento de sistema de captação de águas pluviais, não exige conhecimentos abrangente das exigências técnicas regulamentares e da sua fundamentação, das tecnologias disponíveis e das metodologias de cálculo adequados. Trata-se de um sistema que traduz uma existência de planos gerais de drenagem de águas residuais, nas áreas sujeitas a alagamentos, reduzindo significativamente o risco de inundação e contaminação da população.

4.3.1 Processos construtivos

O sistema das trincheiras para captação das águas de chuvas nas residências, compreende o processo construtivo mais simples e Prático, sendo este com facilidade de se utilizar materiais caseiros tais como, enxadas, pás e carrinhas-de-mão para movimento de terra e britas para o enchimento da própria vala como material de filtragem. Segue abaixo a sequência de processos construtivos do sistema:

- ❖ Faz-se inicialmente a análise geológica do terreno, a fim de garantir o bom funcionamento do próprio sistema;
- ❖ Tendo sido verificadas as condições do terreno, inicia-se o processo de escavação de uma vala em volta da casa com a largura mínima de 1.0 m e profundidade máxima de 1.5 m, A escavação pode ser feita manualmente;
- ❖ De seguida, identifica-se os pontos com uma declividade mais consideravelmente onde poderá se escoar as águas, e faz-se abertura de no

mínimo dois poços para o processo de armazenamento e captação das águas para o uso doméstico;

- ❖ Após o processo de abertura dos poços de e da vala, segue o processo de impermeabilização da base e nas paredes da trincheira por argilas e lona plástica, afim de impossibilitar o processo de perda de água por infiltração, e colocação de anilhas no poço sendo que o ultimo depende da profundidade dos poços e as as condições do substrato encontrado durante a escavação dos poços;
- ❖ Fim do processo de impermeabilização da trincheira e colocação de anilhas nos poços, segue como última etapa da construção do sistema, o processo de colocação de materiais de filtragem (britas e solos leves com elevada porosidade) na trincheira de modo a segregar as impurezas que são arrastadas com a força das águas pluviais;

4.3.2 Vantagens e Desvantagens do sistema

i) Vantagens

A principal vantagem desse sistema está relacionada com o ganho da saúde pública e o bem-estar da população, sobretudo em épocas de chuvas, dentre outras vantagens, se destacam as seguintes:

- ❖ Infra-estruturas de baixo custo (processos de construção simples);
- ❖ Manutenção apropriada da saúde pública e o bem-estar dos moradores;
 - ◆Sustentabilidade a longo prazo;
- ❖ Redução dos efeitos das secas e atenuação do período anual de estiagem;
 - ◆ fornecimento da água para actividades agrícolas, com sub-irrigação dos estabelecimentos familiares;
- ❖ Redução do investimento financeiro em projectos caros;
- ❖ Democratização da oferta de água no período seco;
- ❖ Promoção de ganhos ambientais e de saúde pública, e conservação do solo dentro do espaço habitacional, entre outras.

ii) Desvantagens

A maior desvantagem deste sistema, reside no facto do sistema não se adequar a qualquer tipo de terreno, principalmente, em regiões com predominância de rochas,

e também em terrenos menores. Outras desvantagens relacionadas com este sistema, se destacam abaixo:

- ❖ Dificuldades de implantação do sistema de captação de águas pluviais nas residências, em terrenos muito pequenos;
- ❖ Riscos de contaminação da água por agentes externos principalmente nas épocas de chuvas, já que trata-se de um sistema de ciclo fechado;
- ❖ O sistema depende na sua maior parte para o seu funcionamento, de épocas chuvosas;
- ❖ Quantidade reduzida de armazenamento de água, entre outras.

4.4 Sistema de captação de águas de chuvas com telhas em zonas rurais

O sistema de captação de água por meio de telhas instaladas em uma zona rural, com o propósito de angariar a água nas épocas de chuvas, é um mecanismo para minimizar o efeito de secas em zonas onde não se tem condições de se criar o reservatório escavado ou bacia encaixotada, sobretudo em localidades mais afastadas dos cursos naturais de água para criação de um reservatório escavado e que as montanhas não favorecem para criação de bacias encaixotadas.

Porém, este sistema pode funcionar como uma infra-estrutura complementar de outras soluções por ser uma infra-estrutura interdepende. A infra-estrutura de captação de água por meio de telhas instaladas em uma zona rural ou urbano, facilita para além de apoiar a comunidade sacrificada com o fenómeno de seca, ajuda a manter o ecossistema verde, desde que o local de implantação seja viável a instalação do sistema, isto é, locais abertos e em terrenos normais, sem interferência do processo de captação das águas de chuvas.

4.4.1 Vantagens e desvantagens do sistema

i) Vantagens do sistema

Para além de proporcionar a qualidade de vida a população sacrificada com as secas, este sistema engloba um rol de muitas vantagens tais como:

- ❖ Fornece a água de com mínimas condições para o consumo direito, uma vez que a fonte de captação é totalmente natural proveniente das chuvas;

- ❖ O sistema não interfere no ecossistema natural e muito menos prejudica o meio ambiente;
- ❖ Uma infra-estrutura de fácil execução e interdependente;
- ❖ Manutenção apropriada da saúde pública e o bem-estar dos moradores; ♦ Sustentabilidade a longo prazo;
- ❖ Redução dos efeitos das secas e atenuação do período anual de estiagem;
- ❖ Fornecimento da água para actividades agrícolas, com sub-irrigação dos estabelecimentos familiares;
- ❖ Democratização da oferta de água no período seco;
- ❖ Promoção de ganhos ambientais e de saúde pública, e conservação do solo dentro do espaço habitacional, entre outras.

ii) Desvantagens do sistema

Como qualquer outra infra-estrutura o sistema de captação de águas de chuvas por meio de telhas apresenta desvantagens, tais como:

- ❖ Elevado custo de implantação do sistema em relação à outras soluções acima mencionadas; Capacidade de armazenamento de água limitada; entre outras.

4.4.2 Processos construtivos

O processo construtivo do sistema de captação de água por meio de telhas em zonas rurais, seguem uma sequência normal como qualquer outro processo construtivo de uma infra-estrutura, sendo procedido pelos seguintes passos:

- ❖ Estudo de viabilidade do local de implantação do sistema;
- ❖ Tendo sido verificadas e analisadas cuidadosamente os possíveis locais de implantação do sistema, inicia-se pelo processo de escavação da fundação para implantação dos pilares e a base de betão armado;
- ❖ Após o processo de implantação dos pilares, e a base de betão armado, faz-se a colocação da cobertura de chapa IBR assentes sob base de estruturas metálicas (treliças de perfil metálica como suporte de cobertura);
- ❖ O passo seguir, faz-se a instalação dos reservatórios plásticos de modelo plastex de capacidade igual ou superior a 5000 litros, sendo que cada sistema pode-se fazer a instalação de até 4 reservatórios, no máximo 2

reservatórios em cada extremo conforme ilustrado nos desenhos do **Anexos A4**;

- ❖ Construção da vedação do local do sistema de captação, de modo a obter segurança do próprio sistema contra agentes nocivos;
- ❖ Construção do sistema de drenagem ligado ao bebedouro de animais, para caso dos reservatórios atingirem a capacidade de armazenamento na época de chuva;
- ❖ Fazer a plantação de novas arvorares no local de construção do sistema, de modo a manter, o sistema ecológico verde;
- ❖ Após terminado todos os processos construtivos do sistema, deve-se fazer a capacitação da população beneficiaria, de modo a cuidar e fazer a manutenção preventiva do sistema em cada período, para garantir a segurança e higiene não só do local bem como do produto esperado, que neste caso, água.

4.5 Validação das soluções

Solução Proposta			
	Aproveitamento da paisagem natural	Engenharia suave	Sustentabilidade
Reservatório escavado modificado	❖ Há necessidade de realizar escavações, pelo que não aproveita a paisagem natural do local em que é implantado.	❖ Fácil de construir; ❖ Facilidade de manutenção e operação; ❖ Uso de material sustentável ❖ Sistema de captação de água manual.	❖ Controlo da erosão através dos filtros perimetrais; ❖ Ausência de produtos químicos; ❖ Afluência da água através da precipitação e da captação no rio.
Bacia Encaixotada	❖ Aproveitamento das ravinas, voçorocas como canal de captação de água para o reservatório.	❖ Facilidade de manutenção e operação; ❖ Uso de material sustentável; ❖ Possibilidade de fornecer o abastecimento por gravidade garantindo caudal e pressão aos utentes.	❖ Redução do índice de erosão em montanhas; ❖ Ausência de produtos químicos; ❖ Afluência da água através da precipitação e da possibilidade de existência de nascentes.
Trincheira para	❖ Há necessidade de realizar	❖ Processo construtivo	❖ Pode ser aproveitada para

Solução Proposta			
	Aproveitamento da paisagem natural	Engenharia suave	Sustentabilidade
captação de águas de chuva nas residências	escavações, pelo que não aproveita a paisagem natural do local em que é implantado e o seu perímetro e extensão são condicionados pelas dimensões da residência.	totalmente manual; ❖ Uso de material sustentável; ❖ Sistema de captação de água manual.	melhorar as áreas verdes no quintal, por ser uma zona húmida pode-se plantar jardim, flores entre outros por cima da própria trincheira.
Sistema de captação de águas de chuva com telhas em zonas rurais	❖ Exige áreas abertas ou espaços livres e a necessidade de realizar escavações, demonstram que não aproveita a paisagem natural do local em que é implantado.	❖ Fácil de dimensionar e construir, pelo que não necessita de mão-de-obra especializada; ❖ Facilidade de manutenção e operação.	❖ Redução do índice de erosão provocado pelo escoamento superficial das águas de chuva.

Observando a discretização dos critérios de validação das soluções, nota-se que estas cumprem com o propósito do tema do presente trabalho que é armazenamento hídrico para épocas de estiagem e conservação dos ecossistemas.

Reservatório escavado modificado: cumpre com os critérios estabelecidos apresentados na tabela acima, exceptuando o critério do aproveitamento da paisagem natural, mas, pode-se verificar que é uma infraestrutura que exige uma engenharia suave pelas técnicas utilizadas para a sua construção, manutenção e operação. Oferece sustentabilidade durante o seu tempo de vida útil o que contribui para a conservação dos ecossistemas naturais. O local de construção do reservatório muita das vezes aproveita áreas baixas onde há pequenos lagos ou câmaras de empréstimo onde se verifica acúmulo de água em épocas chuvosas e tem apresenta a vantagem de não haver barramento do escoamento livre das águas do rio tal como é o caso das represas. Sendo assim com base nos critérios definidos o reservatório escavado modificado é uma infra-estrutura verde para armazenamento de água.

Bacia encaixotada: esta solução cumpre com os critérios descritos na tabela acima, é uma infra-estrutura fácil de construir e de fácil manutenção, ou seja, apresenta uma engenharia suave e ajuda a reduzir o índice de erosão em montanhas criadas pelo escoamento superficial das águas das chuvas, e são aproveitadas as ravinas para a construção do canal que irá conduzir a água até ao reservatório, desta forma aproveita-se a paisagem e oferece a sustentabilidade. Cumprindo-se esses critérios, conclui-se que a bacia encaixotada é uma infra-estrutura verde para o armazenamento de água.

Trincheiras residências: esta solução não cumpre com os critérios do aproveitamento da paisagem natural, apresenta uma engenharia suave porque o seu processo construtivo é totalmente manual. Pelo seu armazenamento ser subterrâneo pode-se aproveitar a superfície da trincheira para criação de espaços verdes no quintal. Apresenta a limitação quanto a sua capacidade porque apenas pode atender à uma família ou residência e não há uma comunidade como são os casos das demais propostas, contudo, esta proposta pode ser replicada multiplamente dentro da mesma comunidade. Assim sendo a solução é uma Infraestruturas verde para armazenamento de água.

Sistema de captação de águas de chuva com telhas em zonas rurais: esta solução não cumpre com os critérios do aproveitamento da paisagem natural. O sistema apresenta uma engenharia suave pelo seu processo construtivo, para a sua construção aproveita-se espaços livre e áreas abertas no caso de haver necessidade de cortar arvores para aumentar a área é aconselhável que depois de construir o sistema voltar a plantar arvores em volta do mesmo para manter o ecossistema do local conservado, e oferece sustentabilidade porque ajuda a minimizar o índice de erosão causado pelo escoamento superficial das águas, quanto mais forem o número de sistemas construídos maior será o armazenado e consequentemente maior será a disponibilidade da água para assegurar a época de estiagem

Após feita a análise e discussão dos critérios, verificou-se que, algumas destas soluções não cumprem com o critério do aproveitamento da paisagem e no caso da trincheira foi verificado que tem limitações quanto a demanda por atender apenas a um espaço residencial e não a comunidade no geral, porém estas soluções cumprem com os demais critérios para a sua validação. Sendo assim, são válidas e práticas que podem ser implantadas no país desde que o local a ser construído atenda as características adequadas como está descrito no presente trabalho. Não só ajudam a manter a disponibilidade da água em épocas de estiagem como também ajuda na conservação dos ecossistemas naturais.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

As infra-estrutura no geral, tem um papel fundamental para o desenvolvimento sócio-económico do país e são indispensáveis quando se trata de armazenamento de água para atender as demandas, principalmente em épocas de estiagem. No entanto, ao longo dos tempos, têm sido utilizadas as infra-estruturas cinzas para atender ao problema da demanda de água, porém, estas obras contribuem significativamente para a modificação dos ecossistemas no local da sua implantação, e são responsáveis por alterações climáticas e pela produção de resíduos e sedimentos que impactam de maneira crucial o meio ambiente.

No entanto, a crescente busca pelas construções sustentáveis resultou na elaboração de estratégias que consistem na implantação de infra-estrutura Infra-estruturas verdes para o armazenamento de água”, que ajudam a direccionar a aplicação de iniciativas sustentáveis nas construções tal que, o processo de implantação de infra-estrutura verde, ajuda a identificar e a priorizar as oportunidades de conservação e a planejar o desenvolvimento de forma a otimizar o uso de terra, buscando atender as necessidades humanas através da disponibilidade de água para os diversos usos e a conservação dos ecossistemas naturais.

As quatro (4) soluções de infra-estruturas verdes para o armazenamento de água, propostas no presente trabalho, foram elaboradas com base nos critérios para análise da sua validação para a qual, atendem ao propósito do conceito de infra-estruturas verdes, porém, verificou-se que algumas destas não cumprem com o critério de aproveitamento da paisagem. Após feita esta análise e discussão dos critérios para cada uma das soluções, visto que cumprem com os demais critérios, por apresentarem uma engenharia suave e oferecem sustentabilidade durante o seu tempo de vida útil, com isso chegou-se à conclusão que estas soluções respondem ao objectivo geral do trabalho que é desenvolver propostas de infra-estruturas de armazenamento de água baseadas em ecossistemas.

5.2 Recomendação

Diante de todas as soluções propostas no presente relatório, recomenda-se que:

- ❖ Antes de contruir uma infra-estrutura deve-se verificar sempre, as normas técnicas de uso de recursos naturais e de materiais sustentáveis;
- ❖ Recomenda-se aprofundar mais o conhecimento ou estudo para a elaboração de novas propostas de infra-estruturas verdes ou melhoria das existentes;
- ❖ Recomenda-se Aprofundar mais o conhecimento ou estudo para a definição de critérios para validação das novas propostas de infra-estruturas verdes;
- ❖ Antes da implantação de infra-estrutura seja ela (verde ou cinza), deve-se garantir uma boa gestão ambiental, desde a fase de sua construção até a fase de exploração para minimizar os efeitos negativos causados por estas infra-estruturas, deve-se fazer a avaliação integrada do rio e da bacia, para que se tenha a noção da conservação ambiental e a manutenção dos ecossistemas e da qualidade de vida da população;
- ❖ Antes da entrega da infra-estrutura, aconselha-se a fazer uma capacitação de uma equipe local, para velar pela segurança e manutenção da infra-estrutura, como forma de garantir o acesso da água com condições mínimas de utilização.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BENEDICT, M. A. et al. **Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities**. Illustrated edição ed. Washington, DC: Island Press, 2006.
- [2] BENEDICT, M. A.; MCMAHON, Edward T. **Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century**. Washington, D.C.: Sprawl Watch Clearinghouse, 2002b.
- [3] ARA Zambeze. **Plano Estratégico para o Desenvolvimento de Obras para Armazenamento de Água na Bacia do Zambeze**, Dezembro, 2017.
- [5] UY, N.; SHAW, R. Overview of Ecosystem-based Adaptation. In: UY, N.; SHAW, R. (ed.). **Ecosystem-based Adaptation**. Bingley, UK: Emerald, 2012.
- [6] PEARCE, D.; TURNER, R.K. **Economics of Natural Resources and the Environment**. New York: Harvester Wheatsheaf, 1990. 378 p.
- [7] SERÔA DA MOTTA, R. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998. 216 p.
- [8] O'Reilly, É. de M., Magalhães, V. M. e Rossi, A. M. G. (2013). **O impacto da infraestrutura verde na qualidade de vida e no meio ambiente**, in IV Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana / I Encontro Nacional de Tecnologia Urbana. Rio de Janeiro. Disponível em:
<http://www.laburb.poli.ufrj.br/publicacoes/INFRA-84.pdf>.

7.ANEXOS E DESENHOS

Anexos



Figura 9: ANEXO DO RESERVATÓRIO ESCAVADO, FONTE: ARA_Centro, IP



Figura 10: ANEXO DO RESERVATÓRIO ESCAVADO, FONTE: ARA_Centro, IP



Figura 11: ANEXO DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DO RESERVATÓRIO ES
CAVADO, FONTE: ARA_Centro, IP



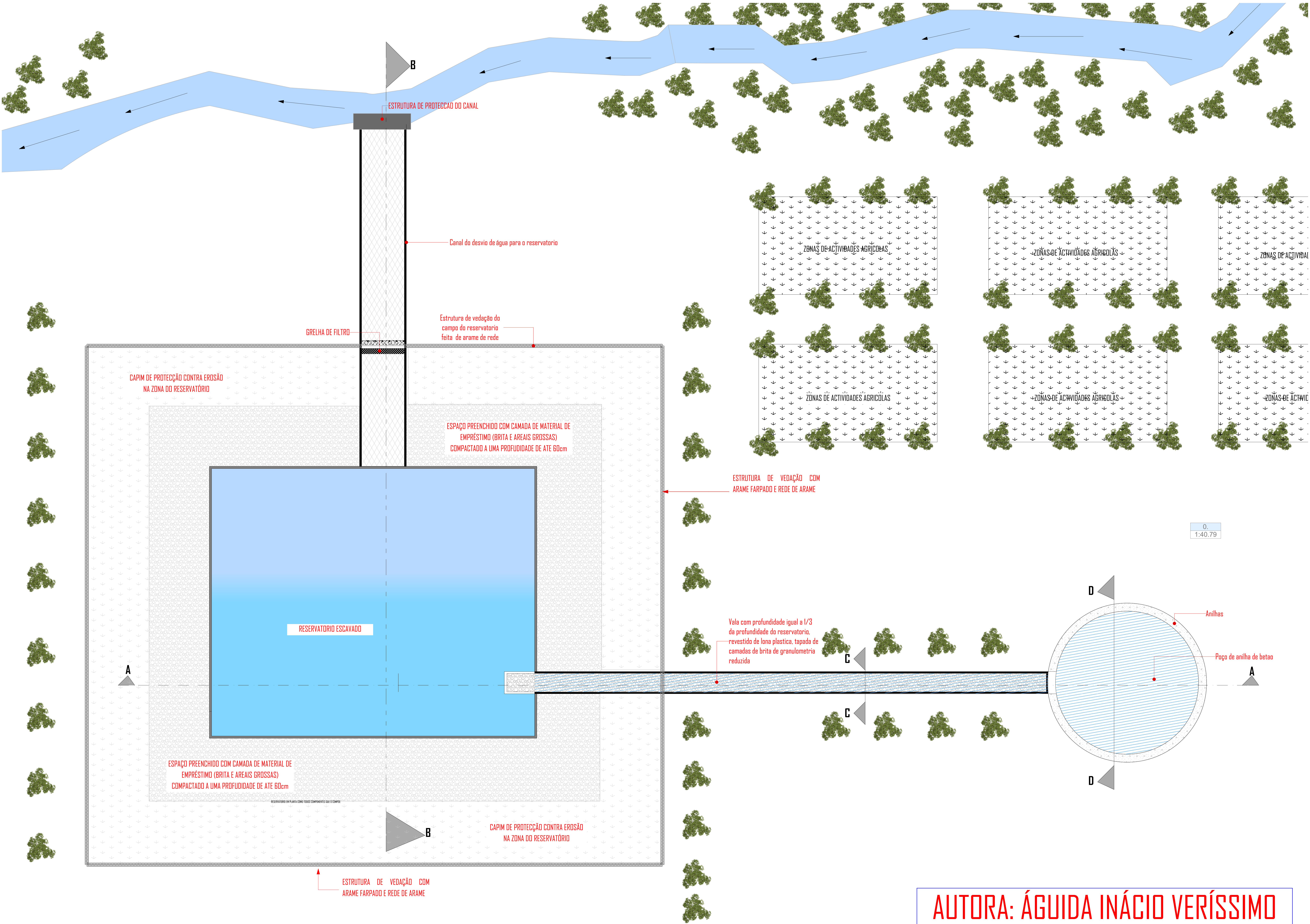
Figura 12: ANEXO DO RESERVATÓRIO ESCAVADO, FONTE: ARA_Centro, IP



Figura 13: LOCAL DE IMPLANTAÇÃO DO RESERVATÓRIO ESCAVADO, FONTE:
ARQUIVO PESSOAL DA AUTORA.

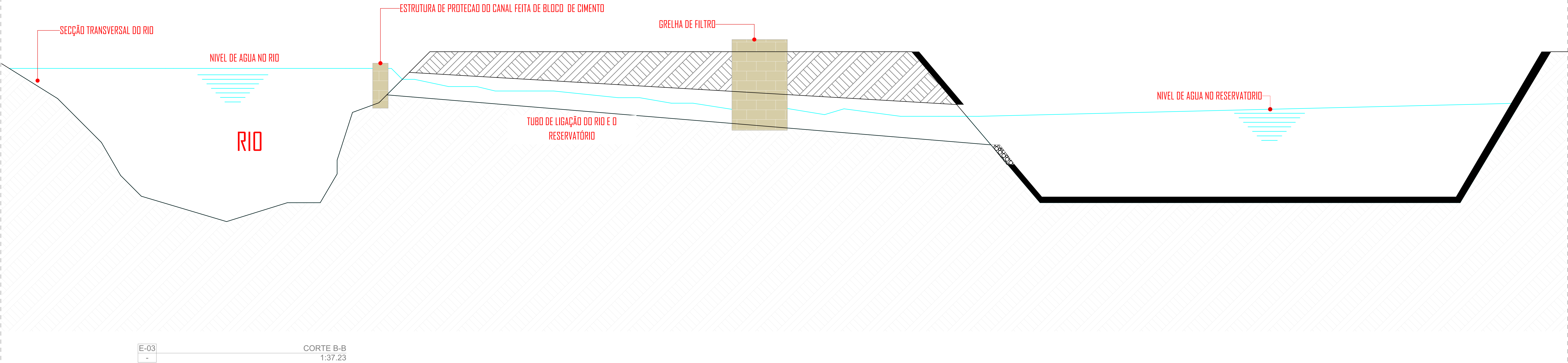
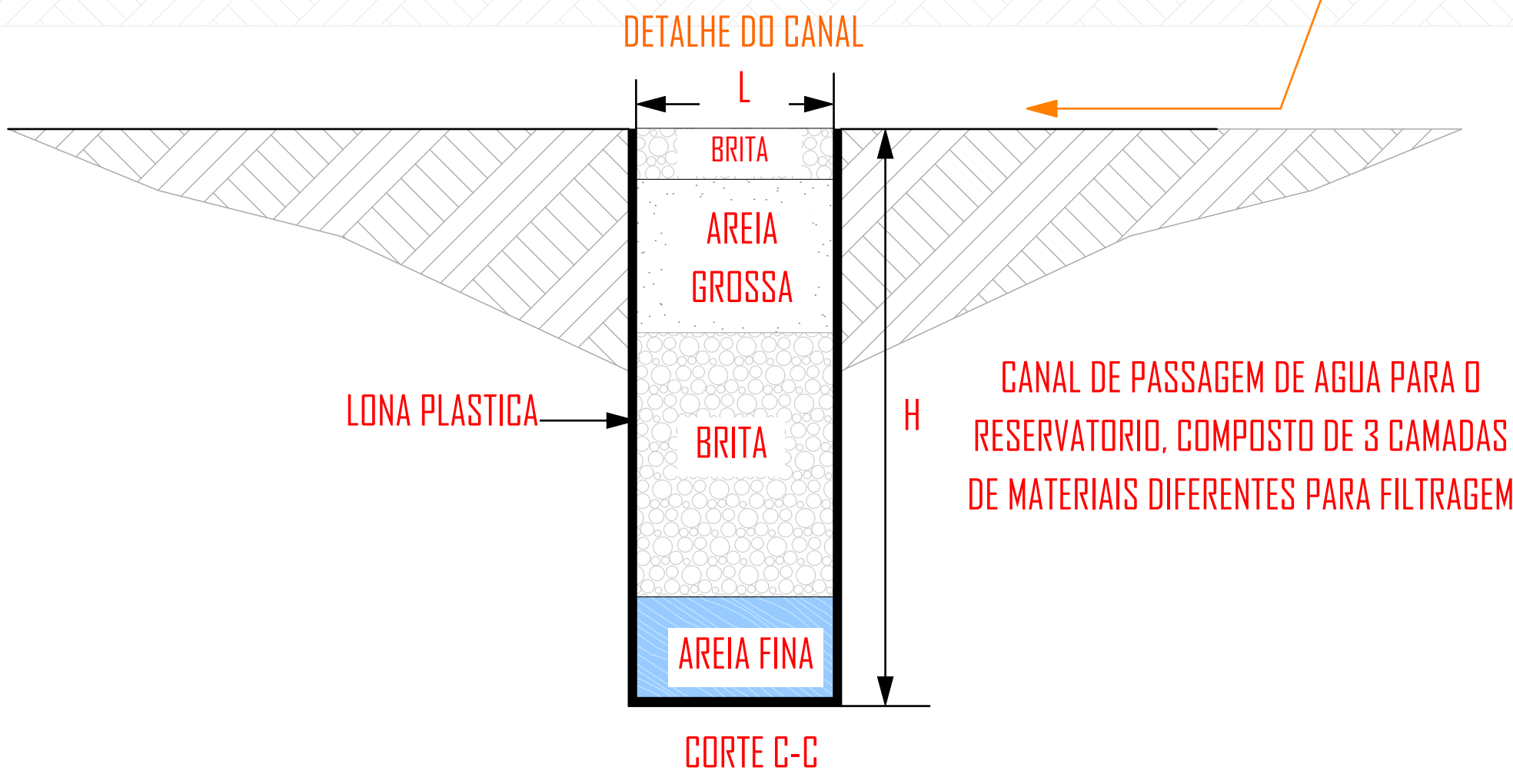
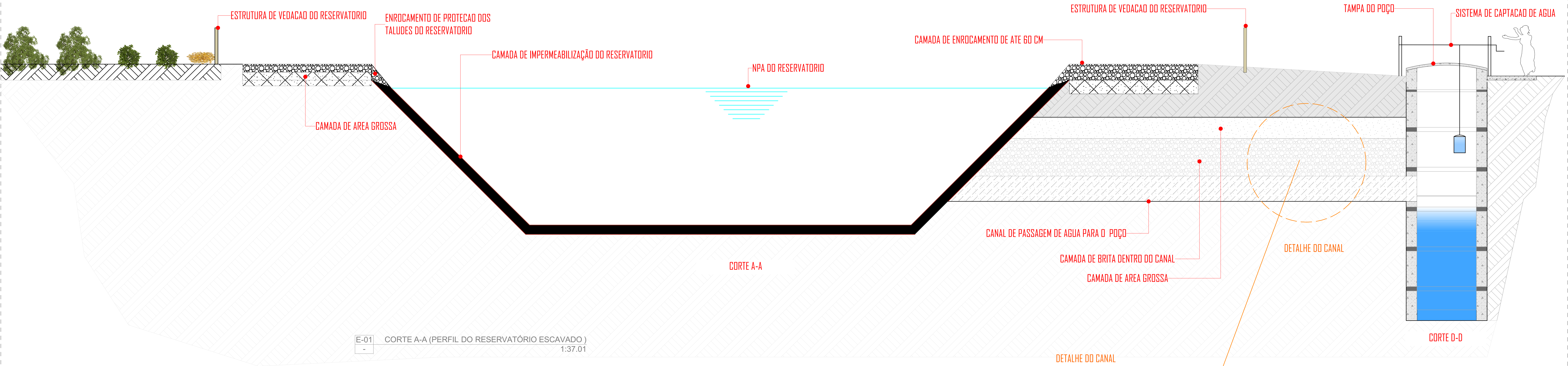


Figura 14: VISITA DO LOCAL DE CONSTRUÇÃO DE BARRAGEM DE ÁREA, FONTE: ARQUIVO PESSOAL DA AUTORA.



ANEXO A.1.1

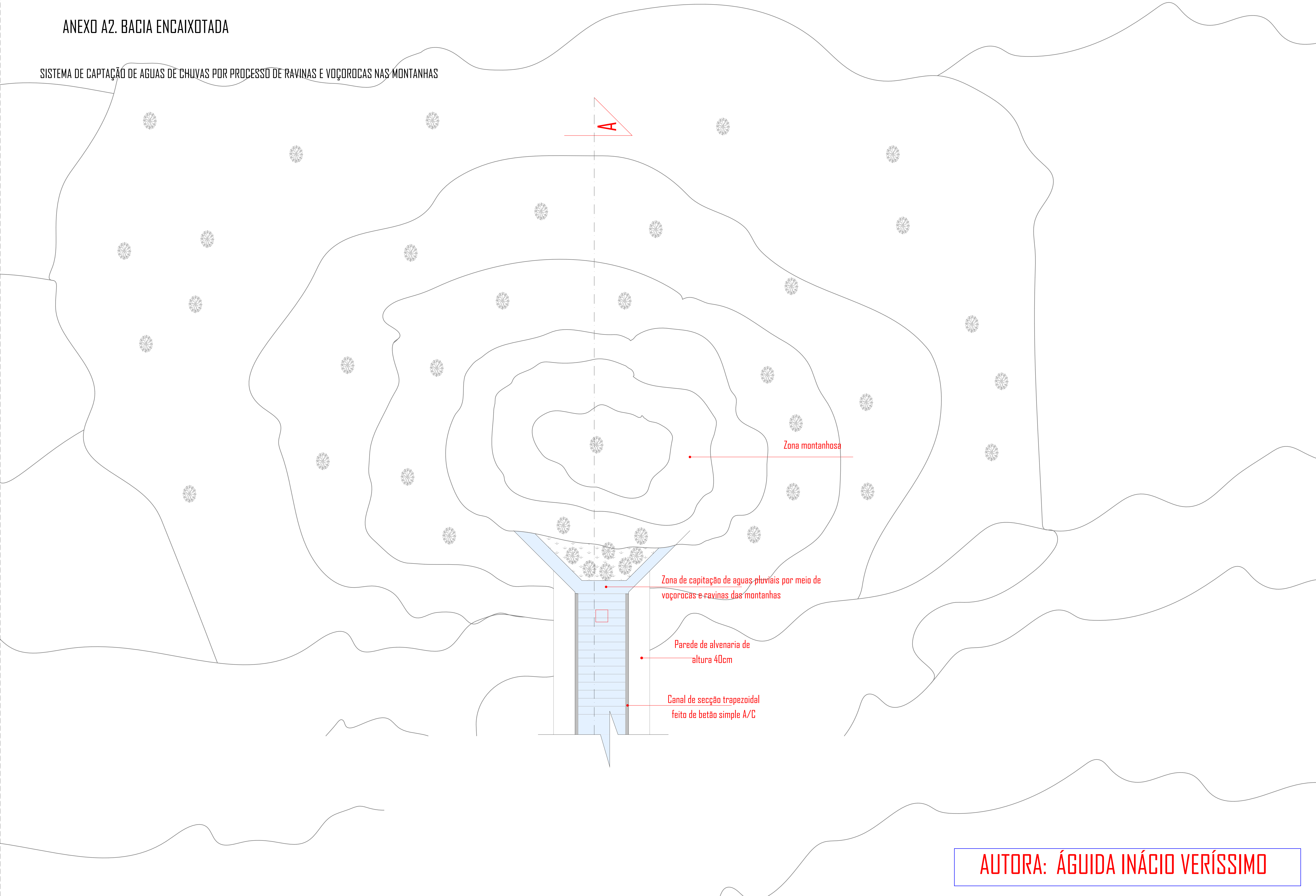
PERFIL DO RESERVATORIO ESCAVADO /PORMENORES



AUTORA: ÁGUIDA INÁCIO VERÍSSIMO

ANEXO A2. BACIA ENCAIXOTADA

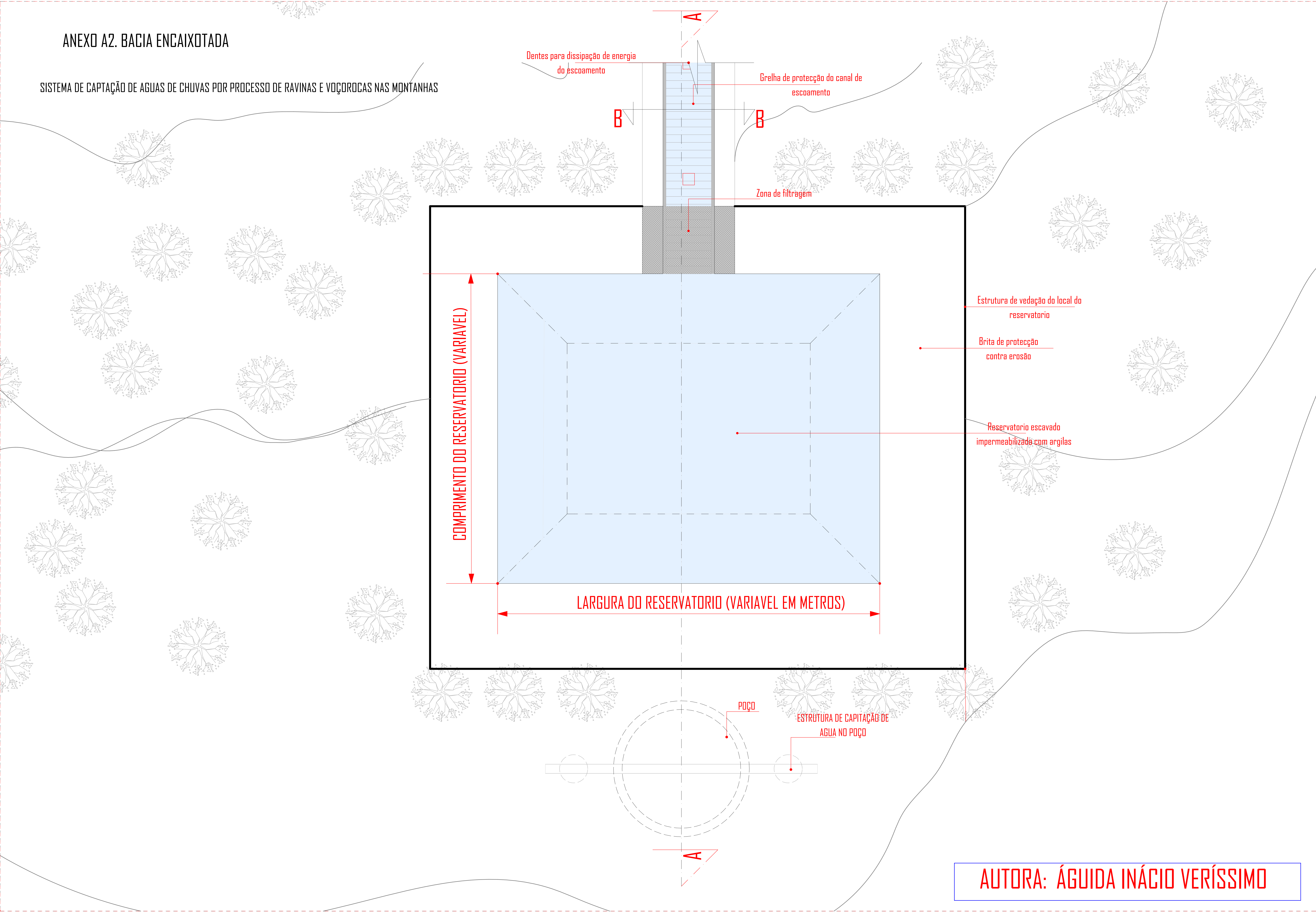
SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE AGUAS DE CHUVAS POR PROCESSO DE RAVINAS E VOÇOROCAS NAS MONTANHAS



AUTORA: ÁGUIDA INÁCIO VERÍSSIMO

ANEXO A2. BACIA ENCAIXOTADA

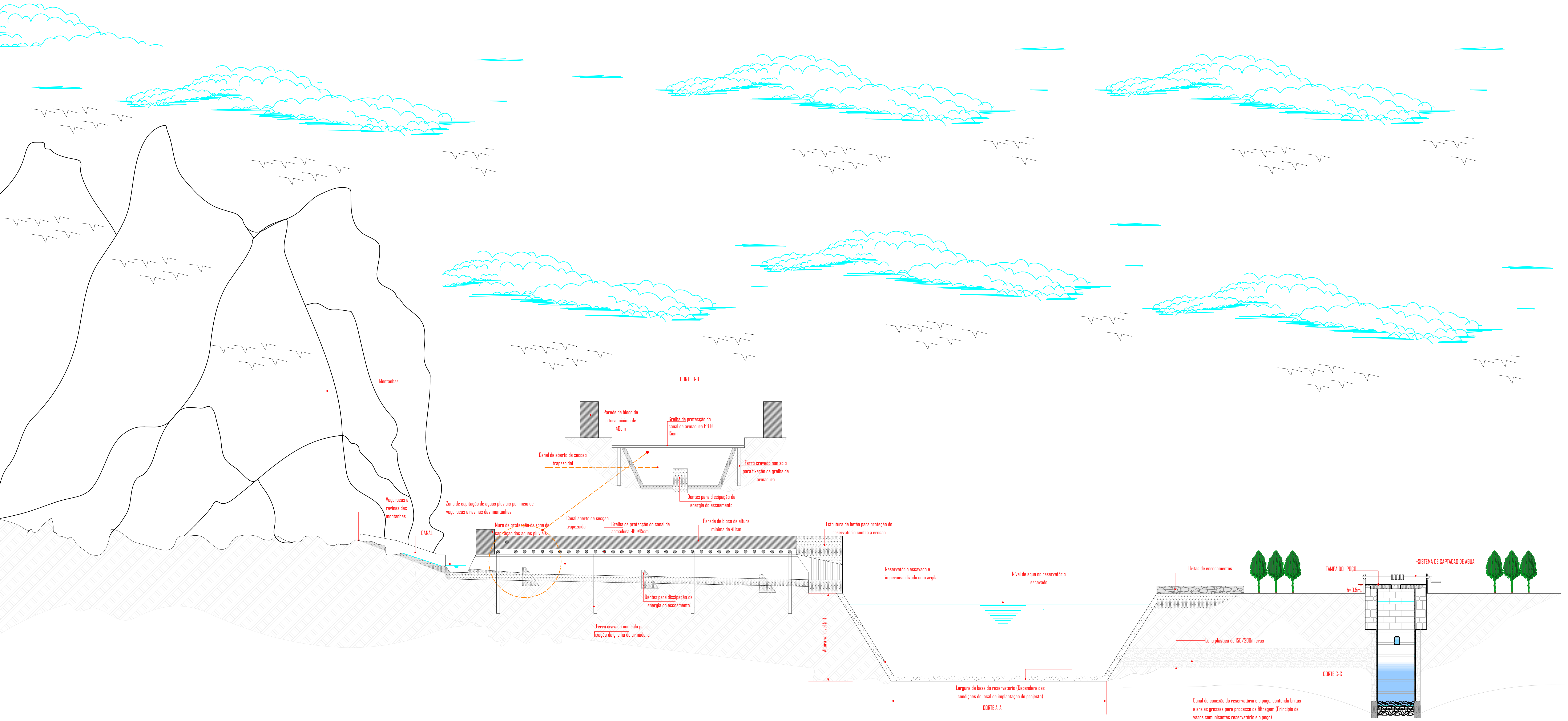
SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE AGUAS DE CHUVAS POR PROCESSO DE RAVINAS E VOÇOROCAS NAS MONTANHAS



AUTORA: ÁGUIDA INÁCIO VERÍSSIMO

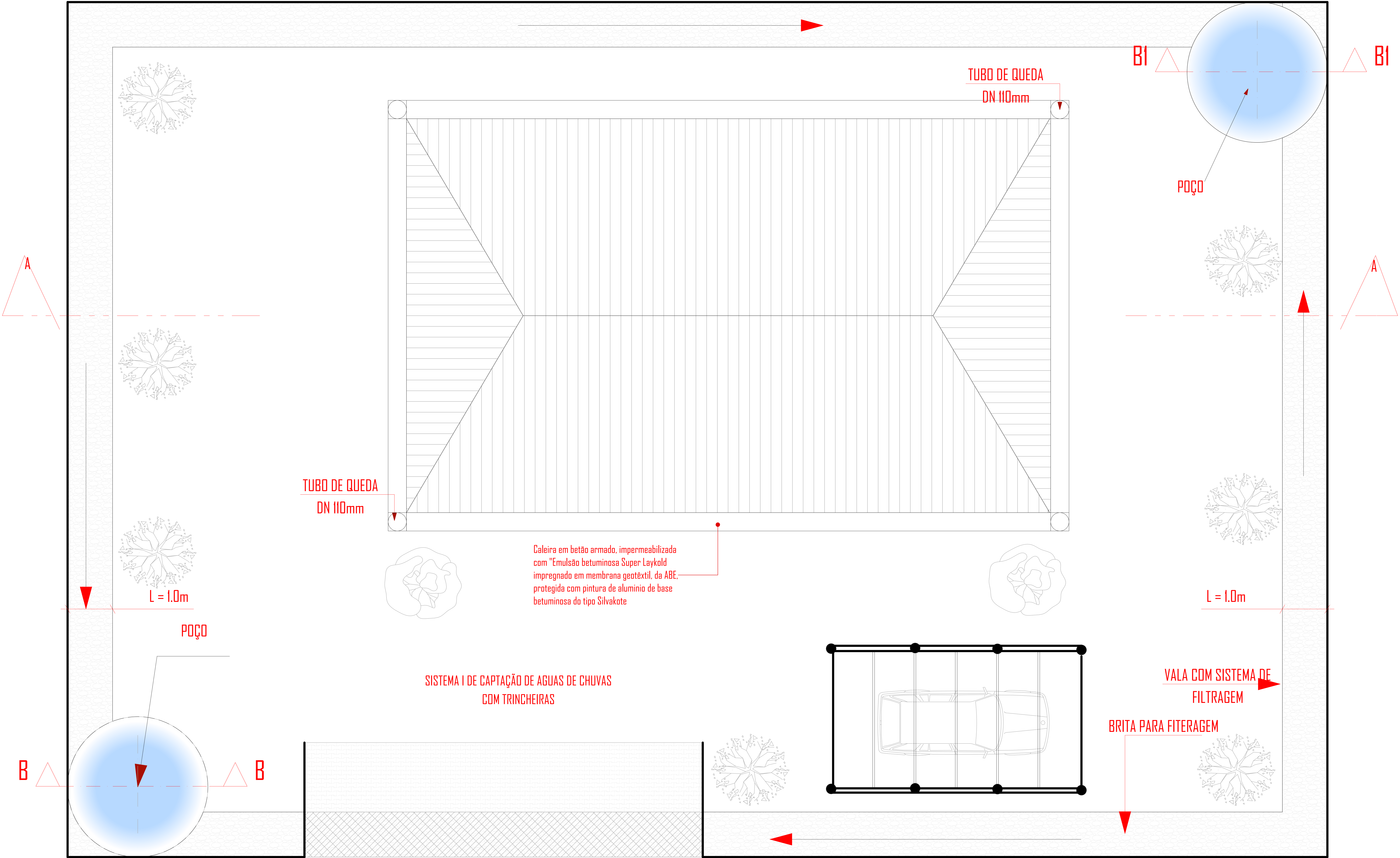
ANEXO A2. PERFIL DA BACIA ENCAIXOTADA

SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE AGUAS DE CHUVAS POR PROCESSO DE RAVINAS E VOÇOROCAS NAS MONTANHAS



AUTORA: ÁGUIDA INÁCIO VERÍSSIMO

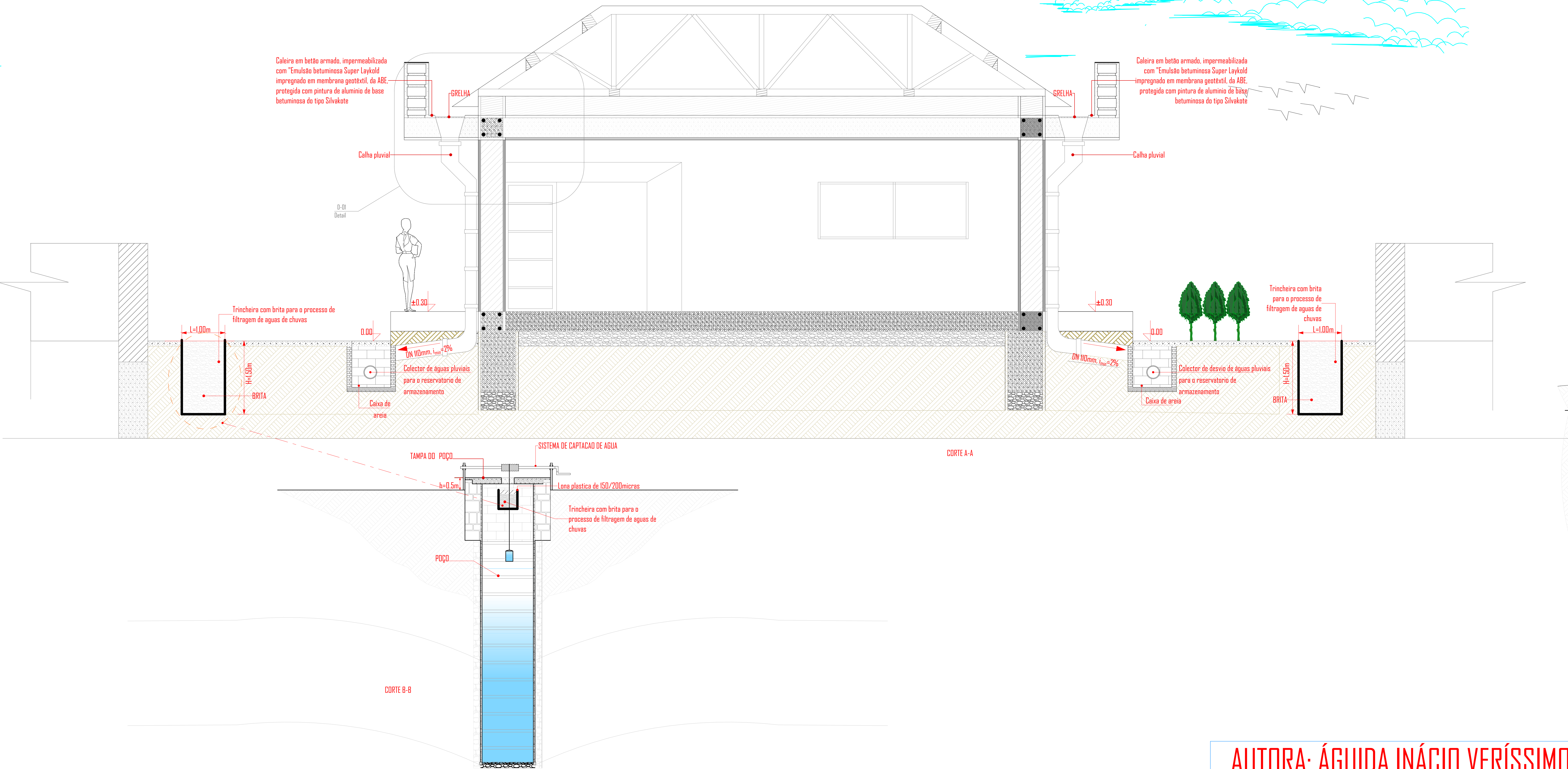
ANEXO A3. TRINCHEIRAS PARA CAPITAÇÃO DE 'AGUAS DE CHUVAS NAS RESIDÊNCIAS



AUTORA: ÁGUIDA INÁCIO VERÍSSIMO

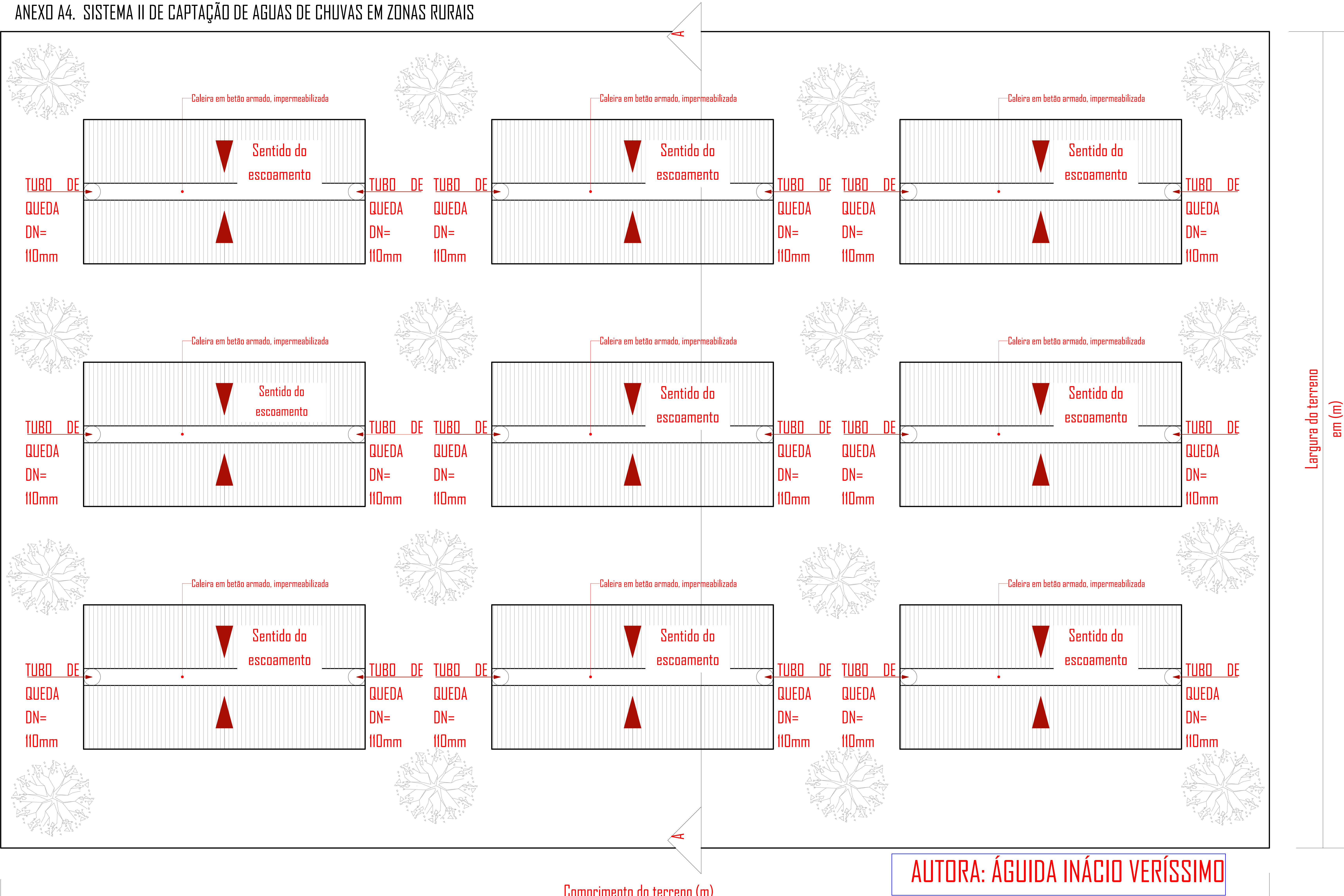
ANEXO A3.1 PERFIL DO SISTEMA DE TRINCHEIRAS PARA CAPITAÇÃO DE 'AGUAS DE CHUVAS NAS RESIDÊNCIAS

PERFIL DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE AGUAS DE CHUVAS COM TRINCHEIRAS

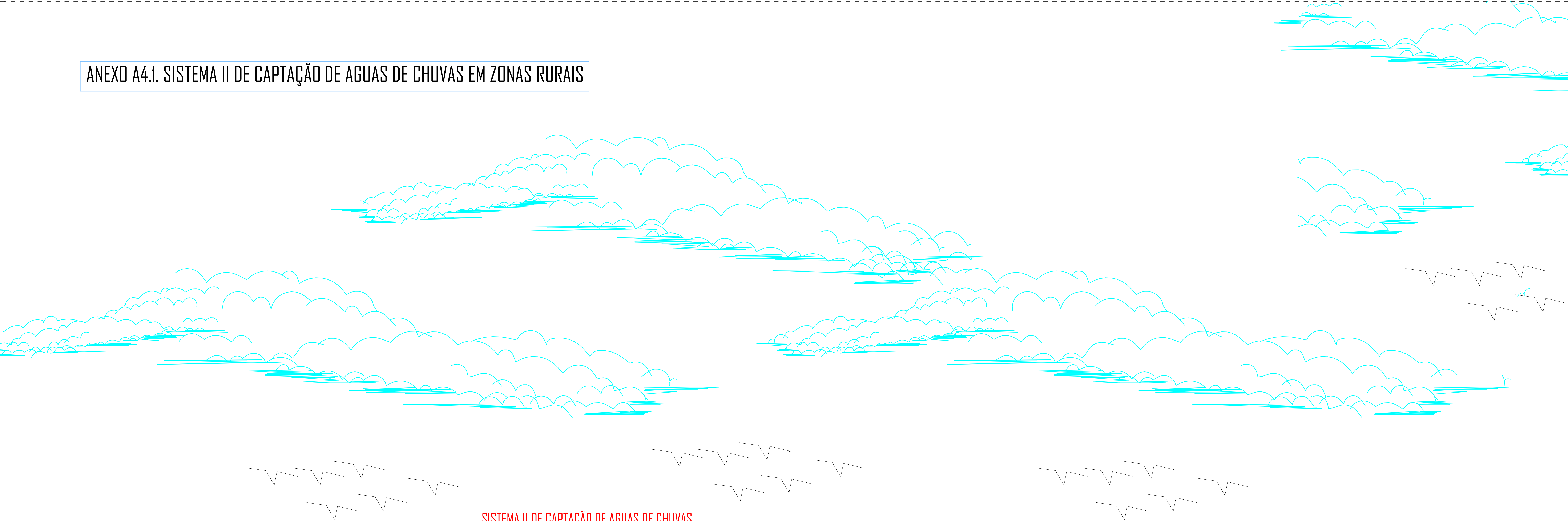


AUTORA: ÁGUIDA INÁCIO VERÍSSIMO

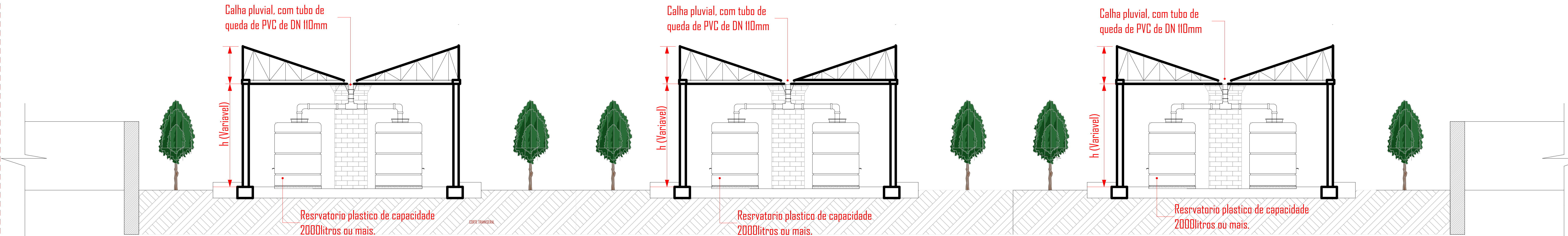
ANEXO A4. SISTEMA II DE CAPTAÇÃO DE AGUAS DE CHUVAS EM ZONAS RURAIS



ANEXO A4.1. SISTEMA II DE CAPTAÇÃO DE AGUAS DE CHUVAS EM ZONAS RURAIS



SISTEMA II DE CAPTAÇÃO DE AGUAS DE CHUVAS



CORTE A-A

PERFIL DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS