# SEMINÁRIO ÁGUA SUSTENTÁVEL PARA ALTO PARAÍSO DE GOIÁS

SOLUÇÕES ETECNOLOGIAS ECOLÓGICAS PARA A GESTÃO ETRATAMENTO DE EFLUENTES

RELATÓRIO TÉCNICO

JULHO / AGOSTO DE 2013

#### **PREFÁCIO**

A preocupação com valores e responsabilidade por exigências ambientais não é – até hoje - uma parte fundamental da sociedade brasileira, como tem se tornado em muitas partes do mundo. Apesar das leis governamentais estarem atingindo padrões internacionais, a experiência e a aplicação de práticas e tecnologias adequadas são limitadas.

Isso se aplica da mesma forma para o planejamento de disciplinas relacionadas ao design urbano e à infraestrutura técnica em territórios municipais. Apesar de sistemas inovadores e/ou contínuos e regulamentação governamental — tal como a gestão sustentável da água - poderem sugerir soluções com melhor eficiência, é fato que as mudanças para soluções sustentáveis não podem ser atingidas sem o processo participativo da sociedade, sem um conhecimento amplo da situação local, sem experiência em técnicas inovadoras e possíveis de serem executadas, ou uma estratégia sustentável para atingir os recursos de financiamento existentes.

Esta situação é típica de um grande número de cidades brasileiras, especialmente as menores que não detêm conhecimento técnico e experiência requeridos para o desenvolvimento sustentável dentro de sua gestão pública, incluindo a participação dos cidadãos e outros tomadores de decisão (stakeholders).

Como superar esta questão e encontrar uma abordagem adequada para os aspectos envolvidos na gestão da água de chuva e tratamento de água de esgoto foi tema de um seminário público realizado – baseado em uma iniciativa com participação de vários *stakeholders* e especialistas – na pequena cidade de Alto Paraíso, de 7.000 habitantes e 2.600 quilômetros quadrados de território, dentro do estado de Goiás.

O seminário "Água sustentável para Alto Paraíso" incluiu uma análise local da situação dos recursos hídricos locais (água de chuva, rios, água de tratamento de esgoto), a apresentação de requerimentos legais e técnicas sustentáveis bem como uma discussão entre os participantes sobre possíveis programas e ações para atingir uma gestão multifuncional de recursos hídricos que seja mais sustentável para Alto Paraíso.

O documento a seguir é um relatório dos especialistas técnicos envolvidos, resumindo conclusões e recomendando possíveis soluções e ações necessárias.

Esta é uma síntese, mas baseou-se em discussões do seminário, e várias iniciativas apoiadas pelos órgãos públicos já foram iniciadas para direcionar as questões mais urgentes da cidade, resultando em encontros e negociações com as autoridades de mais relevância para reconsideração do conceito de tratamento convencional de esgoto para alcançar soluções mais sustentáveis.

#### CONTEÚDO

- I. PREFÁCIO
- 2. CONTEÚDO
- 3. INTRODUÇÃO
- 4. PARTE I
  - 4.1 INTRODUÇÃO: GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS
  - 4.2 PROPRIEDADES PÚBLICAS E PRIVADAS DESENVOLVIDAS
    - 4.2.1 Análise visual: exemplos negativos
    - 4.2.2 Análise visual: exemplos positivos
    - 4.2.3 Objetivos e soluções técnicas
    - 4.2.4 Referências
  - 4.3 ESPAÇOS ABERTOS PÚBLICOS OU PRIVADOS
    - 4.3.1 Análise visual: exemplos negativos
    - 4.3.2 Análise visual: exemplos positivos
    - 4.3.3 Objetivos e soluções técnicas
    - 4.3.4 Referências

- 4.4 ESPAÇOS ABERTOS EM GERAL
  - 4.4.1 Análise visual: exemplos negativos
  - 4.4.2 Objetivos e soluções técnicas
  - 4.4.3 Referências

#### **5. PARTE 2**

- 5.1 INTRODUÇÃO: GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS SERVIDAS
- 5.2 LOTES INDIVIDUAIS
  - 5.2.1 Banheiro seco
  - 5.2.2 Irrigação de frutíferas com água cinza
  - 5.2.3 Zona de raízes ou wetlands construídos
  - 5.2.4 Bacia de evapotranspiração
  - 5.2.5 Sistema modular de anéis de concreto
- 5.3, AGRUPAMENTO DE LOTES / CONDOMÍNIOS
  - 5.3.1 Biossistema integrado
  - 5.3.2 Reator anaeróbico compartimentado
  - 5.3.3 Reator UASB

#### 6.ANEXOS

# GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁGUA EM ALTO PARAÍSO – CONFLITOS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES

#### Impactos para a qualidade de corpos d'água

Este seminário sobre gestão sustentável dos recursos hídricos em Alto Paraíso, realizado entre 6 e 7 de julho de 2013, foi um trabalho desenvolvido e um esforço realizado em muitos níveis apoiado por um grande número de pessoas locais, organizações não governamentais e autoridades públicas.

O embasamento científico foi provido pela Professora Valéria Regina Beloto, da Universidadede Brasília, Instituto de quimica (graduação em Oceanologia, mestrado em Geociências e doutorado em Química) sobre aspectos geocientíficos de Alto Paraíso, especialmente os sistemas dos rios na região e sua vulnerabilidade a químicos e qualidade de corpos d'água.

Foi demonstrado quão importante é fornecer uma gestão sustentável para todo o ecossistema e a produção segura de água saudável e potável para a população, bem como irrigação de alta qualidade para a agricultura.

O tratamento de água de esgoto é uma das maiores questões no que tange à gestão sustentável dos recursos hídricos. A maior parte da água de esgoto está sendo descartada de forma tradicional, de poços que normalmente não estão adequados aos padrões técnicos e legais e não alcançam o grau de tratamento requerido. Uma nova Estação de Tratamento de Esgoto - ETE já está aprovada e financeiramente alocada para um tratamento centralizado no município. Ainda

assim, foi discutido que até mesmo o padrão deste modelo técnico de ETE – como pretendido - é insuficiente. Os futuros efluentes da ETE não seguem as leis ambientais atuais e afetariam de forma impactante o sistema fluvial à jusante do rio São Bartolomeu, o qual tem sua nascente em Alto Paraíso.

#### Identidade da cidade

Outros aspectos influenciados pela gestão de recursos hídricos em Alto Paraíso está relacionado à identidade da cidade dentro da Chapada dos Veadeiros e seu Parque Nacional como um dos centros turísticos do estado de Goiás. Localizada próximo à Brasília, capital do Brasil, é um ponto de destino para brasilienses e mesmo para visitantes internacionais que a visitam por várias razões, mas principalmente por suas riquezas naturais.

O mais notável do ponto de vista turístico são as condições climáticas e as diversas cachoeiras e quedas d'água, únicas em sua beleza e aspectos naturais.

Ainda assim, foi identificado pelo arquiteto **Ulrich Zens**, (Arquiteto Paisagista diplomado, parceiro da Boedeker Partners Landscape Architects / Mettmann, Alemanha) que o uso insustentável da terra, drenagem descontrolada d'água de chuva e desenvolvimento urbano inadequado dentro da área da cidade

estão causando alto impacto nas margens da cidade, resultando em erosão e escoamento de água poluída que finalmente afetam o sistema d'água natural. Além disso, o desenho das vias, o sistema de drenagem e os espaços abertos em geral estão necessitando de soluções técnicas e valor estético.

Assim a situação da água de chuva e da superfície dentro da cidade de Alto Paraíso é bastante oposta em qualidade de desenho e controle se comparada às suas atrativas cachoeiras e quedas d'água, tão significativas para a Chapada dos Veadeiros e para Alto Paraíso. Em termos de design urbano e desenvolvimento de espaços abertos, a aparência visual e os sistemas de controle de drenagem da cidade estão muito aquém para adequar-se às atrações turísticas da natureza ao redor.

# Conceitos alternativos para Água de Esgoto

O Professor Fernando Ernesto Ucker, Mestre em Engenharia do Meio Ambiente, doutorando em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás (PPGA/UFG), explicou métodos alternativos de tratamento de água, baseados em pesquisa sobre a eficiência de sistemas de vegetação adequados e sua capacidade de purificar água poluída enquanto ela penetra a zona das raízes. Este fenômeno pode ser aplicado para instalar sistemas de tratamento que recebem água poluída tal como de esgoto municipal ou ainda processos industriais e descarte de efluentes com eficiência geralmente mais alta se comparado a métodos convencionais.

A água de esgoto pode ser muito mais que somente "água desperdiçada", explicou o Engenheiro Civil **Guilherme Castagna**, Coordenador de projetos da Empresa Fluxus Design Ecológico / São Paulo.

Ele mostrou exemplos e projetos sustentáveis de gestão inteligente d'água, desde técnicas domésticas simples para unidades residenciais individuais até sofisticados biossistemas, aplicáveis a complexos industriais, residenciais e urbanos

em geral. As técnicas, já utilizadas e comprovadas como práticas e eficientes, já podem atender às leis ambientais mais recentes sobre processos ecológicos de tratamento de efluentes. Também ficou claro que Alto Paraíso tem outras e melhores opções técnicas para um tratamento mais sustentável de águas residuais que podem substituir a implementação de uma ETE convencional.

Também destacou-se que tratamento ecológico de água não significa investimentos mais elevados, podendo até ser mais barato e eficiente. Contudo, requer um processo de mudança de paradigma: o que nós atualmente consideramos esgoto, descartado do modo mais econômico possível, no futuro será considerado como matéria prima a ser utilizada da maneira mais eficiente

#### Um processo de mudança para a Gestão Hídrica de Alto Paraíso

O seminário chamou atenção para importantes e visíveis aspectos com respeito à gestão hídrica em Alto Paraíso. O seminário não pode trazer soluções imediatas, mas pode iniciar um processo de mudança e encaminhamentos que podem ser levados adiante pelos participantes: a população, o município, os tomadores de decisão e o governo.

O relatório a seguir – preparado pelos especialistas técnicos profissionais Ulrich Zens (arquiteto paisagista) e Guilherme Castagna (engenheiro civil) indica questões típicas de gestão hídrica em Alto Paraíso e propõe exemplos de soluções adequadas.

As ideias advêm de suas experiências e práticas, tem sido parcialmente implementadas em projetos comparáveis e podem ser utilizadas como uma referência para implementar a solução mais adequada ao local.

A Parte I do relatório abrangerá técnicas adequadas à gestão de água da chuva em propriedades privadas e públicas e em espaços abertos em geral. A Parte 2 tratará de técnicas para a gestão e tratamento do esgoto em suas diversas

escalas.

#### Políticas, planos de ação, programas e projetos

Este relatório, contudo, não substitui um processo de planejamento cuidadoso e individual, que avalia todas as condições e restrições para cada projeto e locação específicos.

Tampouco as soluções podem ser implementadas facilmente a não ser que várias condições externas forneçam o suporte requerido: as políticas municipais deveriam ser ajustadas e incluir como objetivo soluções eficientes e sustentáveis para a gestão hídrica da cidade.

É necessário estabelecer um plano de ação que identifique os caminhos mais eficientes e as iniciativas requeridas para uma mudança da situação atual, obtendo como perspectiva o desenvolvimento sustentável.

Também é preciso desenvolver programas públicos relacionados ao território do município com o intuito de fornecer um embasamento financeiro para investimentos públicos e incentivos para investimentos privados, bem como projetos graduais serem iniciados para começar a implantação – e documentação - de primeiros exemplos pilotos em Alto Paraíso.

PARTE I

# INTRODUÇÃO

#### GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS PLUVIAIS

Tomando o seminário e suas discussões coletivas sobre gestão hídrica sustentável como uma referência, este relatório irá refletir os problemas e as possíveis soluções com respeito à gestão de água da chuva e controle de drenagem superficial.

A água proveniente da chuva é essencial para o ecossistema e, se tratada de forma adequada, um fenômeno bem-vindo e muito positivo para a vida humana e suas atividades. Entretanto, pode criar problemas em áreas desenvolvidas quando as condições do solo não consideram o impacto que ela pode causar, por exemplo: escoamento da superfície seguido de erosão, contato com material contaminado e descarga e infiltração em solos sensíveis e corpos d'água.

Diferentemente de configurações naturais, onde a maior parte da água da chuva pode lentamente infiltrar no solo natural sobre uma superfície coberta por vegetação, a situação em áreas desenvolvidas é diferente — e frequentemente oposta: a superfície é modificada, com pouca ou nenhuma vegetação, ou mesmo impermeabilizada, e a água tende a escoar ao invés de infiltrar.

No intuito de evitar problemas ou ainda riscos, qualquer desenvolvimento requer também considerar uma gestão adequada das águas pluviais. Com a existência de diversas soluções para evitar problemas futuros e riscos relacionados a água é necessário ter um projeto de "Gestão da Águas Pluviais" para o município.

Dentre essas soluções, os seguintes objetivos básicos podem ser estabelecidos:

- Reter a água da chuva no local de ocorrência;
- Coletar a água da chuva para uso privado ou motivos comerciais;
- Evitar ou minimizar escoamento não controlado:
- Fornecer controle adequado e medidas de tratamento preventivo antes da infiltração no solo natural;
- Fornecer descarga controlada de excesso de água em sistema hídricos naturais, preferencialmente por sistemas de vegetação de apoio;
- Preferir soluções abertas e naturais em áreas permeáveis a sistemas fechados e técnicos em áreas impermeáveis.

As prioridades e objetivos a serem implantados no município devem levar em consideração aspectos locais, de forma a considerar suas particularidades e potencialidades. Devido a isso foi realizada uma visita técnica na cidade de Alto Paraíso e sua vizinhança, para obter um diagnóstico real da situação existente. Perante a isso, a situação encontrada foi:

- A água da chuva dos telhados é geralmente descartada por escoamento superficial;
- As propriedades descartam água de chuva de superfícies impermeabilizadas para áreas externas (áreas adjacentes ou áreas públicas,

ruas etc);

- Calçadas e ruas não têm sistemas de captação, ou os tem pequenos e ineficientes;
- Os sistemas de captação d'água não incluem o tratamento dessa água, ou são ineficientes:
- Sistemas de captação fechados e padrões de escoamento de superfície indefinidos terminam em áreas abertas de pouca ou nenhuma retenção, e altos riscos de erosão;
- A drenagem da água da chuva contribui para a poluição de corpos de água naturais, incluindo águas subterrâneas e rios;
- Faltam espaços de qualidade e com identidade no que diz respeito ao desenho de calçadas, vias, parques, mobiliário público, arborização, iluminação de vias e sinalização pública e privada.

Essas observações mostram a ineficiência da Gestão da Água de Chuva na cidade de Alto Paraíso. Para atingir soluções ecológicas e eficientes são requeridas modificações substanciais, tais como:

- Reorganizar e renovar os espaços abertos da cidade;
- Identificar espaços abandonados e/ou em situações de risco para implantar medidas ecológicas e eficientes;
- Atrair visitantes com medidas graduais e atrativas como parte da identidade da cidade:
- Qualificar os espaços públicos (praças, parques, entre outros) de forma a contribuir para que a cidade se apresente como um importante Centro de Turismo Nacional.

Dessa forma, uma gestão de eficiente, sustentável, multifuncional e atraente irá adequar-se e embasar o caráter turístico de Alto Paraíso.

Para propor técnicas adequadas é útil estabelecer uma divisão entre três diferentes grandes categorias de territórios e usos do solo:

#### I. Propriedades privadas e públicas desenvolvidas. Exemplos típicos são:

- a. Lotes privados com uma casa, com áreas fechadas e um jardim
- b. Propriedade privada comercial e/ou serviços (loja, escritórios, mercados, entre outros) contendo áreas de depósito e estacionamento.
- c. Áreas públicas ou semi-públicas (prédios administrativos, educativos, entre outros), possuindo superfícies abertas e/ou cercadas.

# 2. Espaços abertos e/ou cercados, espaços abertos públicos ou privados. São exemplos típicos:

- a. Calçadas, praças e parques
- b. Ruas e estacionamentos públicos
- c. Terrenos baldios públicos e privados

## 3. Áreas abertas em geral. São exemplos típicos:

- a. Terrenos baldios com vegetação natural
- b. Terras de cultivo agrícola

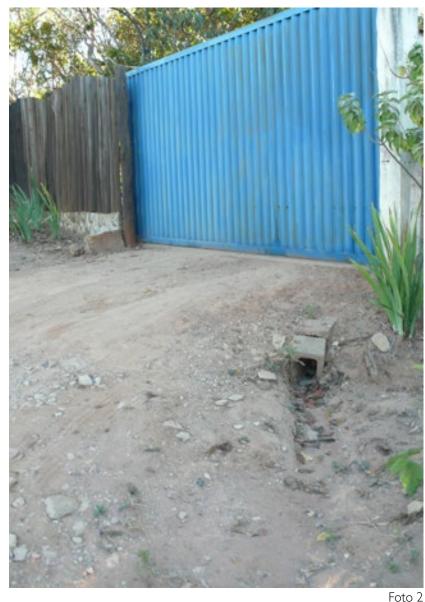
Os capítulos seguintes descrevem a situação das três categorias acima mencionadas e propõem conceitos simples que podem ser comparados a situações individuais e ser ajustados por uma avaliação mais detalhada e um projeto para adequar às condições específicas do local.



Foto I

Foto 1:Terreno da Prefeitura Municipal de Alto Paraíso de Goiás. Ausência de mecanismos para reter e infiltrar as águas de chuva. Atenção especial ao estacionamento, onde a água arrasta elementos poluidores diretamente para o sistema de drenagem e, finalmente, ao rio.

Foto 2: Terreno particular. Água sai do terreno sem meios de retenção, tendo como conseguência erosão da calçada, da rua e dos terrenos mais baixos.



# ANÁLISE VISUAL: EXEMPLOS NEGATIVOS

# I. PROPRIEDADES PÚBLICAS E PRIVADAS DESENVOLVIDAS



Foto 3



Fotos 3 e 4:Terreno particular com uso comercial (supermercado). Solo exposto com risco de erosão e contaminação do lençol freático. Condições topográficas indicam assoreamento das estruturas de drenagem na via pública.



Foto 5

Foto 5: Terreno da Prefeitura Municipal de Alto Paraíso de Goiás. Ampla área verde para infiltrar a água de chuva.





Foto 6

# ANÁLISE VISUAL: EXEMPLOS POSITIVOS



Foto 7





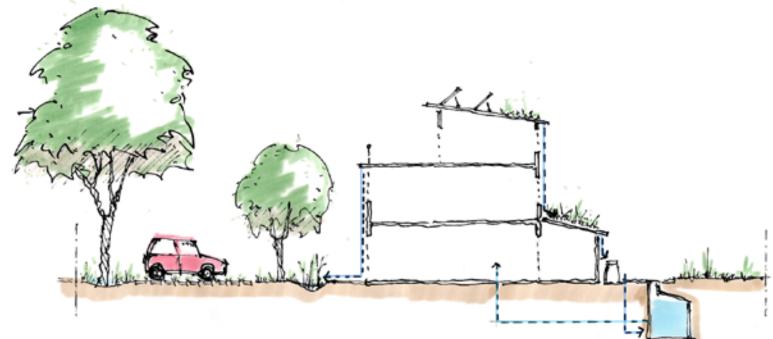


#### **Objetivos**

- Manter a água de chuva na propriedade
- Minimizar a saída da água do território
- Maximizar o reuso da água para substituir água potável
- Integrar a água de chuva às funções e na paisagem do local
- Combinar tratamento de água de chuva com sistemas multifuncionais de vegetação
- Deixar a água excedente infiltrar no solo, acessível para plantas

#### Soluções técnicas

- Áreas de retenção e infiltração no terreno
- Caixa para captação de água de chuva
- Sistema de tratamento de água e reuso nas funções da propriedade (água para banheiro, irrigação, água para limpeza grossa, integração nos processos de produção, etc.)
- Uso de materiais como piso permeável para a calçada, terraças, estacionamentos etc.
- Telhados e paredes verdes (pode economizar custos energéticos, p.ex. com ar condicionado)



Croqui esquemático das estratégias para drenagem em propriedades públicas e privadas









SEMINÁRIO ÁGUA SUSTENTÁVEL PARA ALTO PARAÍSO DE GOIÁS SOLUÇÕES ETECNOLOGIAS ECOLÓGICAS PARA A GESTÃO ETRATAMENTO DE EFLUENTES







SEMINÁRIO ÁGUA SUSTENTÁVEL PARA ALTO PARAÍSO DE GOIÁS SOLUÇÕES ETECNOLOGIAS ECOLÓGICAS PARA A GESTÃO ETRATAMENTO DE EFLUENTES







SEMINÁRIO ÁGUA SUSTENTÁVEL PARA ALTO PARAÍSO DE GOIÁS SOLUÇÕES ETECNOLOGIAS ECOLÓGICAS PARA A GESTÃO ETRATAMENTO DE EFLUENTES





Foto 9

Foto 9: Calçada em frente a um terreno particular com canteiro mas sem função para a drenagem eficiente.

Foto 10: Calçada sem coordenação de pavimentos e áreas para plantio. Construções desalinhadas.



Foto 12

Foto II

Foto I I: Calçada em frente a um terreno particular com materiais de construção e poluição na rua, aumentando o risco de assoreamento do sistema natural de drenagem, especialmente na época das chuvas.

Foto I 2: Erosão em rua inclinada. Ausência de zonas de retenção e infiltração das águas pluviais. Perfil da via inadequado para controle eficiente do escoamento superficial.

# 2. ESPAÇOS ABERTOS CERCADOS, ESPAÇOS ABERTOS PÚBLICOS OU PRIVADOS



Foto 14

Foto 13

Foto 13: Atualmente as ruas funcionam como coletores de água sem oferecer estrutura de drenagem adequada.

Foto 14: Solução provisória para coleta de águas de chuva, criando mais problemas no fim do sistema. Toda água poluída pelo escoamento nas ruas é levada diretamente aos cursos d'água naturais.





Foto 15

Foto 15: Boca-de-lobo quebrada oferecendo risco às pessoas. Tubulação de drenagem fora das normas técnicas.

Foto I 6: Terreno particular abandonado com potencial utilização para retenção e infiltração segura de água de chuva.





Foto 17

Fotos 17 e 18: Calçadas com canteiros integrados e vegetação com potencial de promover uma drenagem mais eficiente (perfil do tipo vala com plantas e substrato adequados).

Foto 18

# 2. ESPAÇOS ABERTOS CERCADOS, ESPAÇOS ABERTOS PÚBLICOS OU PRIVADOS

# ANÁLISE VISUAL: EXEMPLOS POSITIVOS





Foto 19

Foto 19:Via com drenagem apropriada e segura por meio de vegetação.

Foto 20: Margem da rua estabilizada por meio de vegetação (sistema de raízes).





Foto 21

Foto 21: Drenagem superficial direcionada para área de retenção, evitando Foto 22: Calçada permeável com grama. erosão na superfície da via e assoreamento dos cursos d'água naturais.

# 2. ESPAÇOS ABERTOS CERCADOS, ESPAÇOS ABERTOS PÚBLICOS OU PRIVADOS

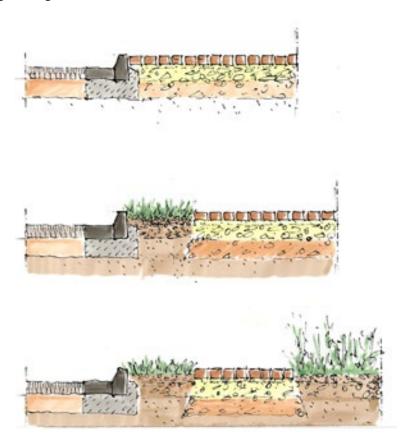


Foto 23

Foto 23: O perfil de várias vias em Alto Paraíso oferecem diversas opções para melhorar a situação de drenagem de água pluvial: melhorar o perfil do canteiro central; utilização de pavimentos permeáveis nas calçadas; integrar terrenos adjacentes ao sistema de drenagem da rua. Essas medidas podem fazer parte de um conceito de embelezamento dos espaços abertos da cidade.

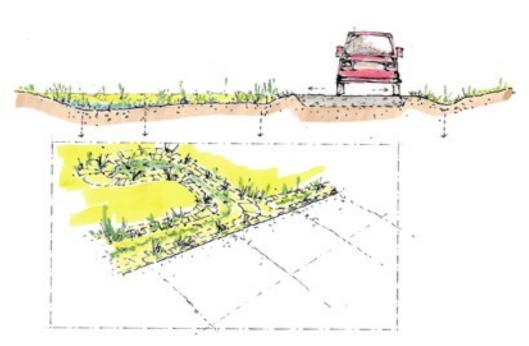
# Objetivos

- Redução da velocidade de descarga;
- Reter água para minimizar a descarga;
- Combinar sistemas de controle de efluentes com soluções para reintegrar a água na natureza de modo sustentável.

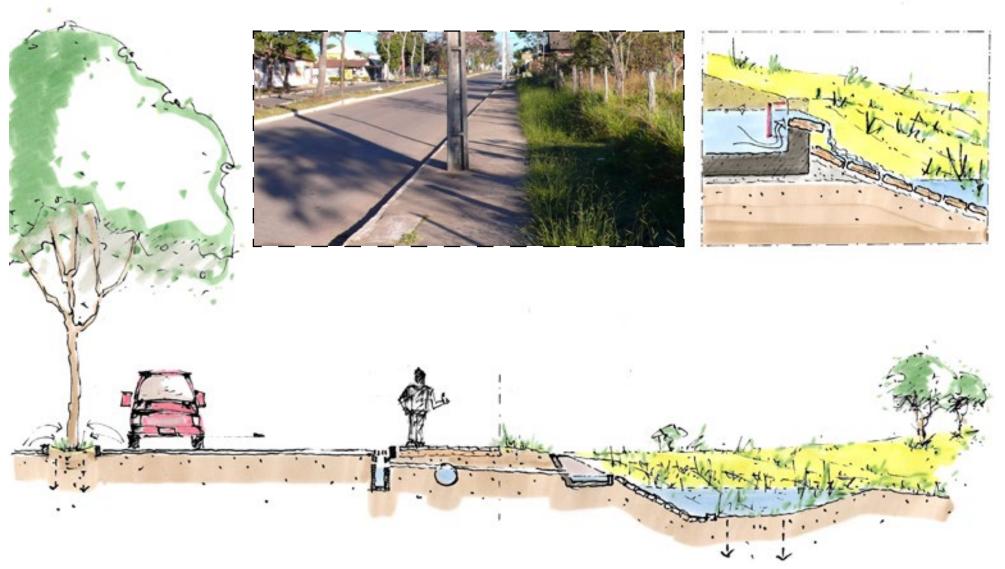


#### Soluções

- Estabelecer sistemas de áreas verdes (escala larga) até canteiros (escala pequena) para criar bacias para retenção e infiltração da água de chuva;
- Colocar a água em áreas de retenção verdes para infiltrá-la no solo depois de filtrada pela vegetação;
- Instalar sistemas de pré-tratamento (caixas de sedimentação e gordura);
- Uso de materiais permeáveis no piso das calçadas e ruas menores;
- Implantar um sistema de controle de água descentralizado.



Croqui esquemático das estratégias para drenagem em calçadas e ruas de terra



Croqui esquemático das estratégias integradas para drenagem das ruas principais









SEMINÁRIO ÁGUA SUSTENTÁVEL PARA ALTO PARAÍSO DE GOIÁS SOLUÇÕES ETECNOLOGIAS ECOLÓGICAS PARA A GESTÃO ETRATAMENTO DE EFLUENTES

# 3. ESPAÇOS ABERTOS EM GERAL



Foto 24

Foto 24: Encosta sem vegetação com ocorrência de erosão e carregamento de material para o sistema de drenagem natural.

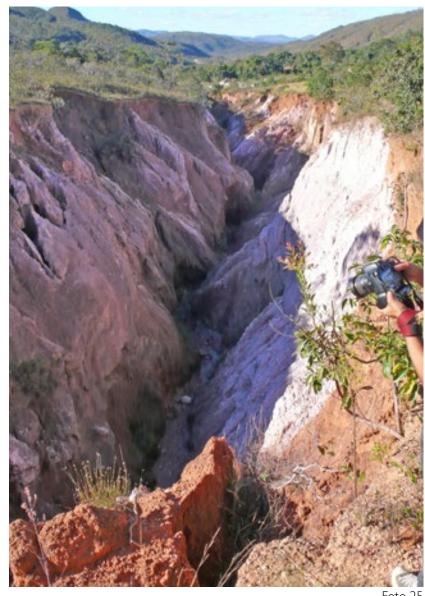


Foto 25: Voçoroca de grande dimensão que recebe grande parte da água drenada da cidade.

Foto 25

# 3. ESPAÇOS ABERTOS EM GERAL



Foto 26

Foto 26: Terreno projetado para reter a água de chuva, com obras não concluídas e solo exposto contribuindo para piorar a situação da drenagem com alto impacto ambiental (erosão, assoreamento etc).

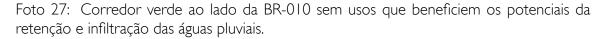




Foto 2/

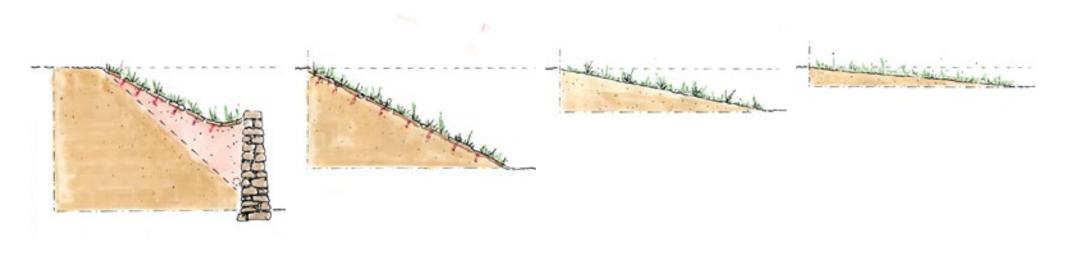
## 3. ESPAÇOS ABERTOS EM GERAL

#### Objetivos:

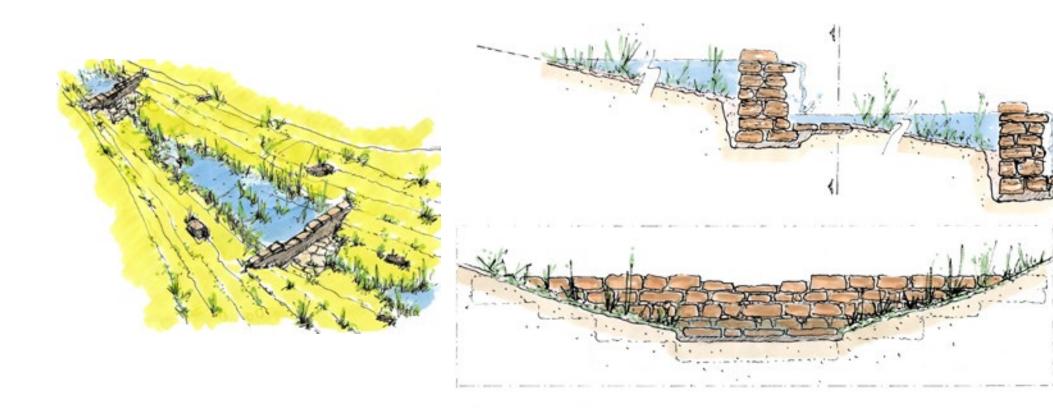
- Evitar erosão em função de chuvas em solo desprotegido.
- Reter a água de chuva para reduzir a descarga.
- Minimizar o impacto da água de chuva nos cursos d'água naturais
- Maximizar a infiltração segura nos solos por meio de uma cobertura de vegetação.
- Combinar sistemas de controle de drenagem com soluções para reintegrar a água na natureza de forma eficiente e de alto valor ecológico.

#### Soluções:

- Uso de forrageiras para cobrir solos abertos
- Reduzir a velocidade da descarga da água de chuva por meio de retenção.
- Estabelecer sistemas de áreas verdes (escala larga) até canteiros (escala pequena) para criar bacias para retenção e infiltração da água de chuva;
- Colocar a água em áreas de retenção verdes para infiltrá-la no solo depois de filtrada pela vegetação;
- Instalar sistemas de pré-tratamento (caixas de sedimentação e gordura);
- Uso de materiais permeáveis no piso das calçadas e ruas menores;
- Implantar um sistema de controle de água descentralizado.
- Instalar sistemas de plantas adequadas para estabilizar áreas com inclinação acentuada.



Croquis esquemático das estratégias para contenção de encostas

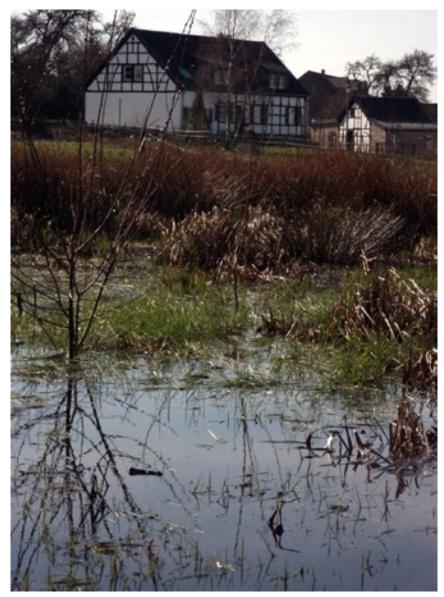


Croquis esquemáticos de estratégias para controle de drenagem em espaços abertos

**3. ESPAÇOS ABERTOS EM GERAL** REFERÊNCIAS







SEMINÁRIO ÁGUA SUSTENTÁVEL PARA ALTO PARAÍSO DE GOIÁS SOLUÇÕES ETECNOLOGIAS ECOLÓGICAS PARA A GESTÃO ETRATAMENTO DE EFLUENTES

**3. ESPAÇOS ABERTOS EM GERAL** REFERÊNCIAS







SEMINÁRIO ÁGUA SUSTENTÁVEL PARA ALTO PARAÍSO DE GOIÁS SOLUÇÕES ETECNOLOGIAS ECOLÓGICAS PARA A GESTÃO ETRATAMENTO DE EFLUENTES

# PARTE 2

# INTRODUÇÃO

#### GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS SERVIDAS

Segundo dados disponibilizados pelo SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) em Julho de 2013, apenas 37,5% da população das cidades pesquisadas no Brasil tem seu esgoto coletado e tratado. O índice de coleta de 48,1%, mostra por sua vez que uma parte significativa do esgoto coletado não é tratado, ou seja, é despejado in natura em corpos hídricos, uma prática que se por um lado melhora as condições sanitárias da população atendida, compromete a qualidade de vida de toda a população vivendo depois do ponto de despejo, que passa a ter esta fonte de abastecimento contaminada gerando gravíssimos problemas de saúde por contaminação química e biológica, além de gerar assoreamento, eutrofização, e comprometimento da qualidade dos rios e da vida das pessoas que vivem em suas margens, gerando uma necessidade de busca por fontes de água potáveis cada vez mais distantes, e mais escassas, dificultando ainda mais a universalização deste serviço.

As áreas não atendidas por sistemas de coleta e tratamento contam com soluções de responsabilidade de seus proprietários, seja de residências unifamiliares, edifícios, ou de agrupamento de residências com gerenciamento comum da estrutura, como condomínios, por exemplo. Nesse casos, predominam soluções inapropriadas como o despejo individual de parte, ou de todo o esgoto gerado

em corpos hídricos, em vias públicas, ou nas chamadas fossas negras, buracos escavados no solo com ou sem alvenaria em suas laterais que dão suporte à estrutura do solo local, permitindo a infiltração do esgoto bruto sem tratamento apropriado, gerando contaminação do lençol freático, o que também acontece na utilização indiscriminada de sumidouros. Em raras oportunidades, o tratamento segue as disposições normativas estabelecidas nas normas técnicas (NBR 7229 e NBR 13969) que dispõem sobre o tratamento de esgoto em fossas sépticas, seguidas por tratamentos complementares.

O que se percebe a partir destas questões é uma clara relação entre a destinação de esgoto e a saúde da população. Números mencionados em 2004 pela Organização Mundial da Saúde (OMS) fazem referência à economia de R\$4 em gastos de saúde pública para cada R\$1 investido em ações de saneamento, em função da redução da incidência de doenças transmitidas por água contaminada¹. Esta relação é óbvia principalmente em áreas rurais ou de periferias urbanas, em que o abastecimento de água é realizado por meio de captações locais a partir do lençol contaminado, seja através de poços rasos (caipiras), ou nascentes (olhos d'água), gerando um sem número de problemas relacionados à ingestão de água contaminada, com altíssimo índice de doenças de veiculação hídrica. A

Para maiores informações veja o relatório "Impactos na Saúde e no Sistema Único de Saúde Decorrentes de Agravos Relacionados a um Esgotamento Sanitário Inadequado dos 100 Maiores Municípios Brasileiros no Período 2008-2011", de autoria do Instituto Trata Brasil.

relação é válida também para as regiões que tem em rios, córregos e outros corpos d'água sua fonte de abastecimento, comprometidos pelo livre despejo do esgoto, pelo acesso de água através do lençol freático contaminado, ou da água de drenagem contaminada por poluição difusa, como comentado na seção anterior.

Um problema adicional gerado pelo despejo de esgoto em corpos d'água é a contaminação pelos chamados poluentes emergentes<sup>2</sup>: fármacos diversos como hormônios, relaxantes musculares, antibióticos, laxativos, esteróides, além de polímeros industriais, e outros contaminantes sintéticos presentes nas excretas humanas, não removidos por estações tratamento de esgoto (ETE) convencionais. Iniciativas na Europa e EUA já regulam a quantidade máxima dos referidos poluentes na água de abastecimento, mas a legislação nacional, ditada pela portaria 2914/11 do Ministério da Saúde ainda não contempla essa questão, devendo ser ajustada em breve em função de estudos comprovando o problema, o que fatalmente irá gerar uma revisão nas resoluções do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) com relação à adequação entre a qualidade do esgoto tratado e os usos da água do corpo receptor. Isto posto, percebemos que o despejo de esgoto em corpos hídricos, ainda que tratado (de forma convencional) não é uma solução apropriada. Assim, passam a ser ainda mais relevantes iniciativas que busquem uma minimização, ou anulação desses despejos, o que acontece por um lado por ações de redução de geração de esgoto, com a redução do consumo de água nos pontos geradores (residências, comércio, indústria), bem como de soluções de tratamento descentralizado que favoreçam o reuso da água tratada para fins não-potáveis, ou que possibilitem sua infiltração após tratamento apropriado.

O modelo centralizado de coleta e tratamento em estações de tratamento de esgoto (ETE), comumente adotado no país, apresenta ainda uma série de desvantagens:

- É incapaz de atender a chamada "universalização" dos serviços, dada a existência de um sem número de situações de ocupação que inviabilizam tecnicamente essa solução, como locais com solo rochoso, lençol freático elevado, baixa concentração de moradores, e outros;
- Gera grandes volumes de esgoto, onde, não havendo possibilidade de reuso do esgoto tratado, são necessariamente despejados nos corpos hídricos mais próximos;
- Tem alto custo de construção, operação e manutenção;
- Recorre geralmente a estações elevatórias de esgoto para vencer as diferenças de nível das áreas atendidas pelo sistema;
- Dificulta o rastreamento de contaminantes atípicos e ligações clandestinas;
- Dependendo da tecnologia utilizada na estação, é incapaz de lidar com flutuações nos volumes de geração de esgoto, típico de cidades turísticas como Alto Paraíso.

Todo este imbróglio gera uma necessidade de reflexão acerca do modelo de saneamento adotado no país, valorizando a descentralização nas situações onde esta for mais apropriada:

- Baixa disponibilidade de recursos financeiros para construção, operação e manutenção;
- Baixa disponibilidade de mão de obra capacitada para os serviços de manutenção;
- Inexistência de energia elétrica;
- Ocupações humanas em áreas cujas características impeçam a ligação à sistemas centralizados;
- Disponibilidade de áreas entre lotes.

Neste sentido o chamado saneamento ecológico apresenta um valioso papel a cumprir, uma vez que está pautado em ações descentralizadas, reconhecendo nas

 $<sup>^2\,</sup>$  Para mais informações acesse o artigo , disponível no endereço http://veja.abril.com.br/noticia/saude/ameaca-invisivel, acessado em 10/Ago/2013.

águas servidas, ou esgoto, um enorme potencial produtivo, como a capacidade de retenção e reuso de nutrientes presentes para produção agrícola, para produção de biomassa com fins de queima para produção energética, ou para produção de fibras para a indústria do papel ou da construção, por exemplo, para produção de biocombustíveis como biodiesel e biogás, além do potencial para reuso local com fins não-potáveis, poupando os já comprometidos mananciais de água potável, considerando a altíssima eficiência dos sistemas que podem ser dimensionados para atender menores variações de volume destinados para tratamento. O que se percebe portanto, é que o saneamento ecológico parte da premissa da efetividade, e não apenas da eficiência, para justificar sua adoção.

Seguindo numa reflexão mais profunda sobre a geração de esgoto doméstico, compreendemos que este pode ser dividido em dois tipos principais de acordo com sua qualidade: a água preta, resultante da utilização em vasos sanitários, correspondente a cerca de 25% do total gerado por uma família, e a água cinza, demais águas servidas que não contem presença de fezes, correspondente aos demais 75%. Assim, considerando pequenas escalas de atendimento, de residências e pequenos agrupamentos, é possível fazer uma distinção entre o tratamento oferecido para cada "tipo" de água servida, uma vez que a segunda possui níveis reduzidos de contaminação de origem fecal, exigindo portanto um menor nível de tratamento para que se chegue a níveis satisfatórios de qualidade, dependendo do uso previsto. O reuso pode ser direto, como a aplicação de água cinza para frutíferas, onde não há tratamento intermediário, e indireto quando há necessidade de tratamento prévio, como tratamento de água de lavagem de roupa para armazenamento e posterior utilização nos vasos sanitários, por exemplo. Por questões práticas, o reuso direto é usualmente realizado no próprio lote, enquanto o indireto pode ser realizado no lote, ou em unidade de tratamento que atendam um agrupamento de casas ou mesmo de uma região. Experiências desenvolvidas no país, e em outros países, mostram a importância da adoção desta visão inovadora de lidar com esgoto, sendo

aplicável a pequena escala, mas também em grande escala, como mostra o projeto Aquapolo, realizado no ABC paulista, que recebe esgoto de milhares de famílias e trata água para reuso no polo petroquímico local.

Cabe distinguir portanto a adequação de diferentes sistemas a diferentes escalas, variando de lotes individuais, agrupamento de lotes, e núcleos regionais, cabendo aqui um esclarecimento de que as tecnologias explicitadas a seguir são uma amostra de tecnologias aplicáveis no cenário específico de Alto Paraíso, e que podem ser complementadas por outras tecnologias apropriadas ao contexto.

### LOTES INDIVIDUAIS

A área urbana e a rural oferecem contextos significativamente diferentes no que se refere à geração de efluentes domésticos. A maior concentração de volumes de esgoto gerado nas áreas urbanas, resultado da maior densidade de ocupação, aliada à menor disponibilidade de espaço, requer usualmente soluções que possam atender ao menos um grupo de edificações, enquanto o espaço geralmente não é um fator limitante para o atendimento de habitações ou núcleos de habitações isoladas nas periferias ou áreas rurais. Assim, cabe distinguir a adequação de cada tecnologia à escala, e em especial ao contexto em que ela é aplicada. Uma das grandes vantagens de possuir sistemas instalados no quintal de casa é a possibilidade de acompanhar de perto os processos de tratamento, acompanhando a evolução, despertando a atenção para o funcionamento dos sistemas e a curiosidade dos interessados.

### Banheiro seco

Tecnologia que dispensa o uso de água para "conduzir" as fezes humanas ao local de tratamento, transforma-as localmente em adubo (conhecido tecnicamente

como composto), em processos comprovadamente seguros, a ponto de ter seu uso aprovado (mediante restrições) pelo IFOAM³ para aplicação em culturas agrícolas. Mais facilmente aplicável na realidade brasileira em áreas rurais, apresenta uma série de variações funcionais, sendo a mais conhecida no país a chamada de "banheiro compostável seco", em que uma câmara de compostagem situada abaixo do assento recebe uma aplicação de pequena quantidade de serragem, cinza ou folhas secas após o uso. Pode contar com um coletor de urina até um recipiente, onde o líquido fica armazenado por um período de pelo menos 30 dias para posterior uso como fertilizante, após diluição em 10 partes de água para uma de urina, ou com um dreno no fundo da câmara para impedir o acúmulo de líquido, retardando o processo de compostagem.



Banheiro compostável seco / IPOEMA / Brasília-DF (Sergio Pamplona)



Banheiro compostável seco, com aplicação de água cinza em círculo de bananeiras (Patricia Yamamoto)

A câmara de compostagem é dividida em duas partes, acima da qual cada uma delas conta com um assento. Uma das câmaras é escolhida para ser usada inicialmente, até que chegue ao seu volume máximo de armazenamento, quando passa a ser usado o assento que permite o uso da segunda câmara enquanto a primeira entra em descanso, permitindo o desenvolvimento do processo de compostagem, ou de transformação das em adubo.

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> International Federation on Organic Agriculture Movements, Federação Internacional para o Movimento da Agricultura Orgânica, responsável pelo estabelecimento de padrões internacionais para o cultivo orgânico de alimentos.

### Irrigação de frutíferas com água cinza

Adequado para solos com boa capacidade de infiltração e com pH variando entre ácido e neutro, aproveita a disponibilidade de nutrientes presentes na água cinza, bem como a disponibilidade diária de água para irrigar frutíferas localizadas próximo à casa, em posição que permita o recebimento de água por gravidade. Pode ser construído em forma de bacia para volumes maiores, ou em forma de anel para volumes menores, sempre preenchida com galhos secos e aparas de grama ou folhas secas criando um ambiente propício para a compostagem, onde os nutrientes e outras substâncias presentes na água são degradados. No caso de bacias, costumam ser plantadas com bananeiras no interior da escavação, já que uma série de variedades possuem afinidade com ambiente úmido, mas pode ter seu entorno plantado com espécies que possuam alta capacidade de evapotranspiração e que possam tomar proveito da constante disponibilidade de água. Outras árvores frutíferas plantadas ao seu redor também se beneficiam da água infiltrada.

Volumes menores de até 50 litros por dia podem ser direcionados para as bacias escavadas em forma de anel, em que a frutífera e outras plantas companheiras ficam ao centro do núcleo irrigado.

A funcionalidade desse sistema é ainda maior ao se integrarem conjuntos de plantas forrageiras e arbustivas às frutíferas que colaborem na criação de uma maior biodiversidade microbiológica do solo, aumentando a eficiência no tratamento da água à medida em que ela é exposta ao núcleo de compostagem, de forma que a água infiltrada tenha qualidade apropriada para infiltração.



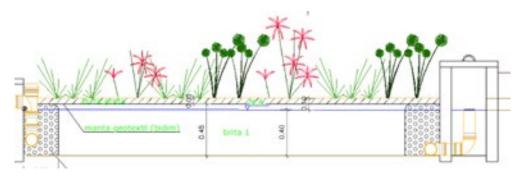
Aplicação de água cinza para jabuticabeira recém-plantada / Itupeva-SP (Fluxus Design Ecológico)

# Zona de raízes, ou Wetlands Construídos

Também conhecido como jardim filtrante ou banhado construído (constructed wetlands), é uma tecnologia que pode ser aplicada para o tratamento de águas cinzas, negras, ou mistas, desde que previamente tratadas por uma fossa séptica ou caixa de sedimentação, e que consiste de tanques impermeabilizados preenchidos com meios filtrantes diversos (pedra e areia) que servem como suporte para o crescimento de plantas emergentes típicas de banhado. É um processo natural, sem adição de químicos, e que utiliza a luz do sol como fonte de

energia principal para catalisar reações químicas, bioquímicas e biológicas entre microrganismos, plantas, e resíduos orgânicos presentes na água. A utilização de energia elétrica é requerida para o bombeamento de água somente nos casos onde há necessidade de ampliar a remoção de nutrientes, ou quando há limitação do espaço disponível para a construção dos tanques, quando são utilizados filtros de fluxo vertical, ou ainda quando há necessidade de levar a água servida para tratamento a longas distâncias.

O tratamento acontece efetivamente em função da interação entre os microrganismos presentes na enorme superfície específica criada pelas raízes das plantas sobre os materiais filtrantes, de forma que esta interação gera um consumo e degradação da matéria orgânica, além da remoção parcial de nutrientes pelas plantas, e uma marcante redução na contagem de microrganismos patogênicos (causadores de doenças). O nível de água fica abaixo da superfície, e desta forma impede o contato direto com o efluente tratado, aumentando a segurança. Os sistemas são dimensionados de acordo com uma série de parâmetros, dentre eles, volume diário máximo de efluentes, concentração de carga orgânica, temperatura ambiente, índices pluviométricos e de evapotranspiração.



Corte esquemático - Zona de raízes com fluxo horizontal

Dependendo dos princípios de dimensionamento adotados, a água tratada pode alcançar qualidade apropriada para reuso em edificações com fins não-potáveis, ou integração em jardins ornamentais, irrigação de árvores frutíferas, recarga de lençol freático, ou retorno a corpos hídricos. Pode ainda ser facilmente integrado à paisagem com a utilização de plantas com forte apelo estético que produzem flores e hastes ornamentais, biomassa, e fibras, enquanto geram efeitos microclimáticos de aumento de umidade e criação de habitat para a fauna local.

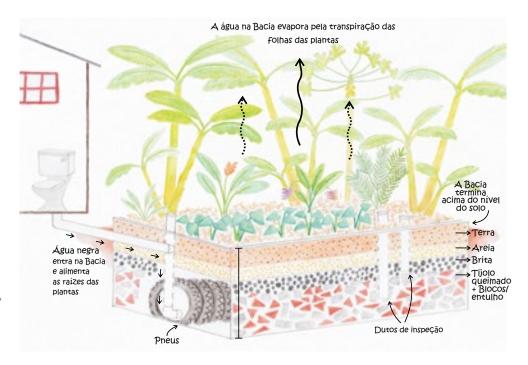


Wetland construído em residência / Itu-SP (Fluxus Design Ecológico)

### Tratamento de águas negras em bacia de evapotranspiração

Consiste de um tanque impermeabilizado com estrutura de fechamento em alvenaria, ou com impermeabilização aplicada sobre o solo em geomembranas ou em plastocimento, desenvolvido para tratar apenas a água servida gerada nos vasos sanitários, tendo seu interior preenchido com materiais dispostos em camadas e plantado em sua superfície para evapotranspirar o efluente recebido. A recepção dos efluentes acontece na câmara de chegada situada ao fundo do tanque, que cumpre função equivalente à fossa séptica, e segue em fluxo vertical ascendente (de baixo para cima) ao longo das camadas de materiais filtrantes, tal qual um filtro anaeróbico, com a disposição de materiais mais grossos ao fundo (brita) e os mais finos (areia grossa) acima. Possui uma camada de cobertura de solo sobreposta à ultima camada filtrante (areia) sobre a qual são plantadas espécies vegetais produtivas, ou ornamentais, com alto poder de evapotranspiração, e raízes relativamente curtas, como bananeiras, helicônias, alpíneas e taiobas. As frutas produzidas neste sistema são apropriadas para consumo já que não há possibilidade de transmissão de patógenos do solo para as frutas.

Nos meses secos não há saída de excedente do tanque, uma vez que o efluente é levado pela atmosfera através da evapotranspiração das plantas, mas deve ter um ladrão conectado a um sistema de irrigação de frutíferas, vala de infiltração, ou outro sistema equivalente para o período chuvoso, quando o volume de chuvas pode ser maior do que a capacidade de evapotranspiração das plantas, produzindo excedente.

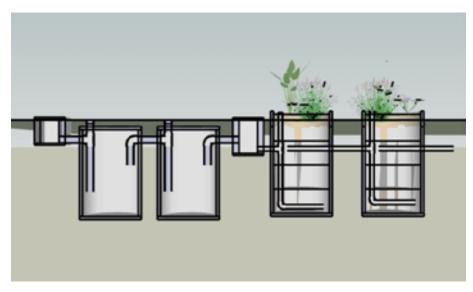


Bacia de evapotranspiração (Patricia Yamamoto)

# Sistema modular de tratamento de águas servidas em anéis de concreto

Aplicável para águas mistas (água preta + cinza) ou águas pretas, trata-se de um sistema modular que atende maiores ou menores volumes com a adição de "torres" de iguais dimensões, aplicável ao nível residencial em pequena escala (até 10 pessoas). Suas vantagens principais são a simplicidade, os baixos custos de construção e operação, a dispensa por mão de obra especializada, a replicabilidade, e boa qualidade do efluente tratado. É constituído minimamente por um conjunto de torres para a função de fossa séptica, onde ocorrerá a degradação da matéria orgânica bruta, seguida por outro conjunto de torres

para a função de filtro anaeróbico misto, onde há o preenchimento da torre com material filtrante (pedra e areia), complementado pelo plantio de espécies de plantas típicas de ambientes úmidos como o copo de leite, o papirus, a bananeira, a sombrinha chinesa, helicônias, e tantas outras. Este estágio é responsável pela retenção complementar e transformação da matéria orgânica em nutrientes assimiláveis pelas plantas, que reduzem a quantidade de água disponível pela evapotranspiração, além da melhora na qualidade da água pela ação de microrganismos presentes no material filtrante e nas raízes das plantas, resultando numa água com qualidade apropriada para infiltração sem possibilidade de contaminação do lençol freático.

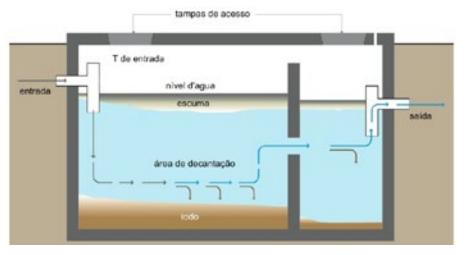


Corte esquemático - sistema misto de tratamento com anéis de concreto

A infiltração após o tratamento pode ser realizada através da aplicação para árvores frutíferas, tal qual o proposto anteriormente, para valas de infiltração rasas, ou equivalente.

### Tratamento de águas mistas em fossa séptica seguida por wetlands construídos

A fossa séptica é o elemento primário de tratamento recomendado pela norma brasileira. Uma câmara construída em alvenaria e impermeabilizada para impedir a infiltração de esgoto bruto no solo. Sua função principal é reduzir a presença de matéria orgânica na água, evitando o problema de entupimento (colmatação) nas fases seguintes de tratamento. Os *wetlands* construídos podem ser inseridos entre a fossa e o método de infiltração escolhido para gerar água tratada de ótima qualidade.



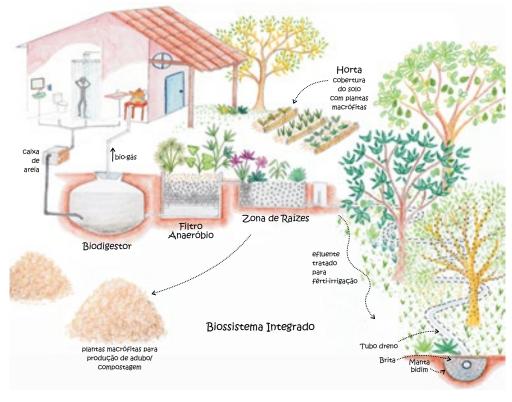
Legenda: Corte esquemático – fossa séptica (imagem adaptada de www.sswm.info)

### AGRUPAMENTOS DE LOTES / CONDOMÍNIOS

Ideais para atendimento em situações que variam de algumas centenas até alguns milhares de pessoas, os sistemas a seguir funcionam por gravidade e dispensam a adição de produtos químicos para sua operação:

### Biossistemas integrados (BSI)

Sistema multifuncional e modular, constituído minimamente por biodigestor, filtro anaeróbico, wetlands construídos e área de fertirrigação, cria condições naturais ideais para o desenvolvimento de microrganismos que atuam na depuração da água servida, num arranjo de baixo custo de implantação e de operação, com alto potencial produtivo.



Biossistema Integrado Compacto (Patricia Yamamoto)

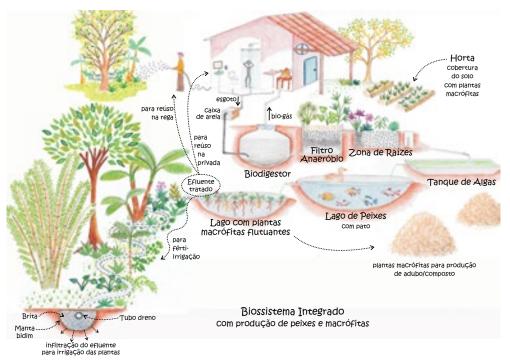


Biossistema Integrado em Hotel / Santa Branca-SP (Jorge Pires/OIA)

Presente na versão compacta ou na completa, os biodigestores produzem gás combustível (biogás), que pode ser utilizado para queima em fogões, iluminação e produção de energia elétrica (em projetos de larga escala). São geralmente acoplados a filtros anaeróbicos, que possuem o mesmo formato dos biodigestores, mas tem menores dimensões, onde há uma retenção complementar dos sólidos em suspensão, o que aumenta a eficiência das wetlands construídas, etapa seguinte ao tratamento. A partir deste ponto, dependendo do objetivo do projeto, a água pode ter qualidade suficiente para reuso, ou no mínimo para infiltração em valas plantadas em seu entorno com árvores produtivas, aumentando a produção do sistema.

Por ser modular, o sistema pode ser ampliado e rearranjado com a adição de tanques de algas, tanques de peixes e tanques de plantas flutuantes para potencializar a produção de itens de acordo com o objetivo do projeto, de algas

para fermentação e produção de biodiesel e bioplásticos, fibras para indústria da construção, artesanato, produção de papel, ração animal, além de peixes, patos, ovos e composto. O arranjo é feito de tal forma que cada elemento introduzido cumpra uma função produtiva, oferecendo o máximo de benefício para que o elemento seguinte cumpra a função idealizada.



Biossistema Integrado Completo (Patricia Yamamoto)

Mais do que um sistema de tratamento, o Biossistema Integrado é um sistema que gera água limpa como subproduto, cuja qualidade é em muitos casos superior à de estações de tratamento avançado de esgoto, possibilitando a

realização de reuso até mesmo com fins agrícolas. Em contrapartida às estações convencionais, apesar de ocupar espaço maior, dispensa ainda a adição de produtos químicos e de energia elétrica para sua operação.

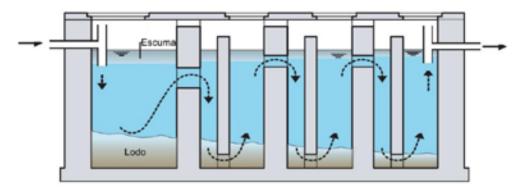


Polimento de efluentes domésticos urbanos com produção mensal de 440 toneladas de biomassa de plantas aquáticas em Araruama/RJ (Biossistema para 80.000 usuários)

Consultoria de wetlands do O Instituto Ambiental para Águas de Juturnaíba

# Reator anaeróbio compartimentado

Para projetos onde a mão de obra para execução do domo do biodigestor em alvenaria não esteja disponível é possível lançar mão, na primeira etapa do tratamento, de um reator anaeróbio compartimentado, também construído em alvenaria em formato equivalente à fossa séptica, cujo funcionamento se assimila ao do biodigestor e do reator UASB, em que o efluente passa através de uma manta de lodo, aumentando a eficiência do tratamento.

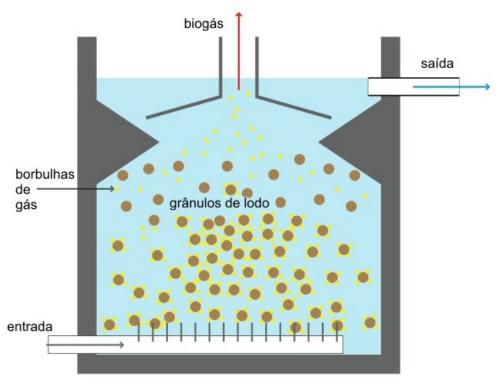


Reator anaeróbio compartimentado (Adaptado de www.sswm.info)

O tratamento complementar à fase do reator pode ser similar ao BSI compacto, ou BSI completo, com a desvantagem de não produzir quantidade de gás equivalente ao biodigestor.

### Reator UASB4

Tal qual o reator anaeróbico compartimentado e o biodigestor, o reator UASB pode ser construído em alvenaria, utilizando mão de obra local para construção. Seu potencial de produção de biogás é pouco inferior ao do biodigestor e pode ser integrado da mesma forma aos demais elementos do biossistema integrado, quer completo ou compacto.



Reator UASB (Adaptado de www.sswm.info)

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Upflow Anaerobic Sludge Blanket, ou Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente (RAFA).

# **ANEXOS**

### DIMENSIONAMENTO BÁSICO DE SISTEMAS UNIFAMILIARES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS SERVIDAS

A dinâmica central da água no planeta é coordenada pelo que chamamos de "ciclo d'água", no qual estamos absolutamente imersos. Sendo um ciclo, é fácil compreender que o que oferecemos à água, à nós retorna, ou como diz a máxima "o que se dá, é o que se recebe". Assim, retornar as águas servidas em condições tão boas, ou até melhores do que a água que usamos, é uma questão de bom senso, e essencialmente de sobrevivência.

O material exposto a seguir tem como intenção empoderar moradores de áreas não atendidas por sistemas de tratamento de esgoto, as chamadas "comunidades isoladas", a retornar a água ao ambiente natural em sua melhor qualidade possível de forma simples e produtiva, fazendo bom uso dos nutrientes nela presentes, produzindo condições de vida dignas e água limpa, a base de uma vida saudável.

Para isso, antes de pensar nas técnicas, dediquemos atenção consciente à qualidade da água que retornamos ao ambiente. Como já mencionado, valorizamos sempre que possível a aplicação da água tratada no solo, uma vez que este se torna um elemento final de tratamento, intermediando o retorno da água tratada àquela presente no lençol freático, o que não acontece quando a retornamos diretamente a um corpo hídrico natural, como um rio ou córrego por exemplo. Isso é ainda mais significativo quando refletimos sobre tudo que é

levado "ralo abaixo", ou seja, tudo que tem acesso à água com nossos dejetos: produtos de limpeza, gordura, resíduos de alimentos, resíduos de medicamentos expelidos pelo nosso corpo, ou outros produtos despejados intencionalmente, quer o atendimento do tratamento de águas servidas seja feito por uma empresa paga, ou não. Daí cabe a reflexão: "O que estou despejando na água se tornará inofensivo, ou pode ter um fim produtivo para o ambiente?" No que se refere aos produtos de limpeza doméstica, cabe um olhar especialmente atento à sua "compatibilidade" com a vida no solo e na água.

É fundamental que cada pessoa faça escolhas positivas também para seus produtos de limpeza. A palavra biodegradável tem sido usada para se referir a produtos de limpeza como se fossem produtos "ecológicos", ou que se integrem perfeitamente à vida do solo e da água, no entanto, o que vemos é um uso inapropriado da palavra. Biodegradabilidade é um conceito que expressa a capacidade de um determinado produto de ser degradado, ou decomposto por organismos vivos em moléculas cada vez menores. O resultado dessa degradação pode, no entanto, ser tóxico, ou ser compatível para completa assimilação por organismos do solo e da água, daí o termo "biocompatibilidade". Se for aplicar água cinza no solo, jamais use produtos à base de cloro! Isso serve para toda a linha de biocidas, como bactericidas, herbicidas, e inseticidas, que jamais devem ser colocados em contato com a água, uma vez que extermina

microorganismos responsáveis pelo processo de purificação.

Seja como for, a escolha da técnica utilizada deve ser feita sobre uma série de variáveis relevantes:

- Áreas com <u>lençol freático elevado</u>, próximo à superfície, não são apropriadas para sistemas que exigem escavação e impermeabilização por apresentar complicações na execução, exigindo instalação sobre o nível do solo, ou no máximo semi-enterradas. A aplicação de água bruta, ainda que cinza, também não é recomendada, em função da rápida saturação dos berços de aplicação de água, o que os torna sem oxigênio, e portanto impróprios para a purificação da água em seu processo de infiltração. Nestes casos, portanto, a melhor dica é reduzir ao máximo a geração de águas servidas, com a utilização de banheiros secos, e privilegiar o tratamento adequado do volume gerado com *wetlands* construídos, cujo resultado é água de muito boa qualidade, que pode ser reusada, ou eventualmente retornada ao ambiente. De forma geral, priorizamos soluções para infiltração de água no solo desde que haja uma distância vertical mínima de 1,5m entre o ponto de aplicação e o nível do lençol freático.
- <u>Solos argilosos</u> por sua vez tem baixa capacidade de infiltração, requerendo portanto espaços maiores para infiltração do mesmo volume de água do que em solos siltosos, ou <u>arenosos</u>, que por possuir alta capacidade de infiltração, muitas vezes dificulta o processo de tratamento das aplicações de água cinza bruta por não oferecer tempo necessário para uma atuação completa do microrganismos do solo, requerendo por vezes um tratamento confinado de boa qualidade (em *wetlands* construídos), ou a aplicação de uma camada de solo siltoso/argiloso sobre o ponto de aplicação para aumentar a eficiência do sistema.
- A <u>constância do fluxo</u> é especialmente importante para o uso de wetlands construídos, cujas plantas e microrganismos associados podem sofrer com a falta de entrada de água no sistema.

• Importante também é a <u>umidade local</u>, que pode favorecer, ou comprometer uma bacia de evapotranspiração, por exemplo, que conta com os fenômenos da evaporação e da transpiração das plantas para um funcionamento adequado. Neste sentido, um região com grande umidade do ar se torna pouco apropriado para uma bacia de evapotranspiração, já que a grande umidade no local não permite seu pleno funcionamento.

### Teste de infiltração simplificado

O dimensionamento de todo e qualquer sistema de infiltração deve ser realizado pela capacidade de infiltração do solo, que pode ser calculado de forma simplificada em um teste rápido de campo, ou em um teste mais elaborado, conforme explicitado na norma brasileira NBR 13969/97.

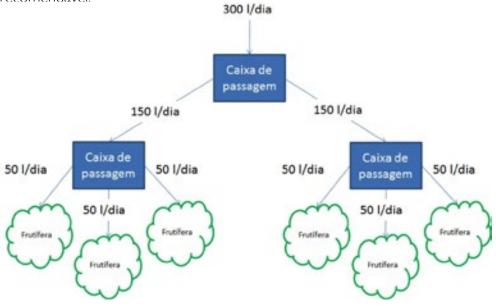
Por fins de praticidade, inserimos no **ANEXO 2** o teste de infiltração de campo sugerido por Art Ludwig, pesquisador e pioneiro na aplicação de água cinza em frutíferas.

# Irrigação de frutíferas com água cinza

A água cinza é geralmente alcalina, e portanto deve ser aplicada de forma bruta para plantas somente em locais com solo básico, ou ácido. A presença de estações de chuva e seca muito definidas gera uma necessidade de um cuidado especial para evitar o acúmulo de sais junto às raízes das plantas, o que pode ser resolvido com a minimização do consumo de produtos que gerem sal em sua decomposição como sabões em pós, com a associação de plantas forrageiras que intermedeiem a chegada de água, e com a aplicação periódica de água de chuva.

Considerando os volumes máximos recomendáveis de aplicação de cerca de 50l/frutífera madura/dia, nos casos onde o volume gerador for superior à esse

limite, tal qual em máquinas de lavar, o volume total pode ser dividido por tubos saindo de uma caixa de passagem, como mostra o desenho a seguir, até que o volume resultante das divisões seja menor do que o volume máximo recomendável.



Divisão de volume de água cinza com caixas de passagem

A água cinza deve ser sempre aplicada em um berço preenchido com material seco médio, como aparas de grama cortada, onde, durante o processo de degradação do material seco, acontece efetivamente a purificação da água servida, e a transformação da matéria orgânica em nutriente assimilável pelas plantas.

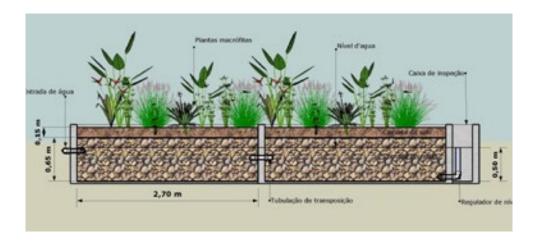
O círculo de bananeiras por sua vez consegue receber volumes maiores, dispensando em muitos casos a criação de artifícios para divisão do volume total, o que não dispensa no entanto a atenção ao tipo de solo, e ao preenchimento do berço com material seco onde será aplicada a água cinza.

### Wetlands Construídos

O dimensionamento técnico de wetlands considera efetivamente uma série de variáveis de cálculo como carga orgânica, pluviosidade e taxas de evapotranspiração, porém, considerando a escala proposta neste, de atendimento somente de pequenos volumes gerados em escala unifamiliar, utilizaremos como base uma referência que é utilizada apenas como checagem de ordem de grandeza dos sistemas, que diz respeito à uma área de tanque de aproximadamente 2,5m<sup>2</sup>/ pessoa. Assim, apesar de ser uma aproximação, consideramo-la ainda assim uma aproximação segura, que oferece um partido para não-técnicos terem uma escala das dimensões e da quantidade de materiais necessárias para um sistema deste tipo, com fluxo horizontal subsuperficial, ou seja, com lâmina d'água abaixo da superfície. Para este caso lidaremos com um tanque impermeabilizado com uma profundidade total de cerca de 80cm, dos quais 50cm são permanentemente alagados, 15cm alagáveis, e 15cm de cobertura de solo sobre a camada superior, onde são plantadas as variedades de macrófitas emergentes escolhidas, como a sombrinha chinesa, papiro, taboa, junco, íris. Assim, considerando uma família de 4 pessoas, assumimos uma área total de aproximadamente 10m², divididos em dois tanques de 5m² cada. A relação de comprimento 1,5 vezes maior do que a largura estabelece as medidas que permitem concluir a área total. Portanto, para um tanque de 5m<sup>2</sup> de área superficial, e considerando essa relação, temos:

$$A = C \times L$$
  
 $5 = 1,5.L \times L$   
 $5/1,5=L^2$   
 $L=1.80, e C = 1.5 \times 1.8 = 2.7 m.$ 

Ou seja, dois tanques com comprimento 2,7m e largura 1,80m.



Corte esquemático - Zona de raízes com fluxo horizontal

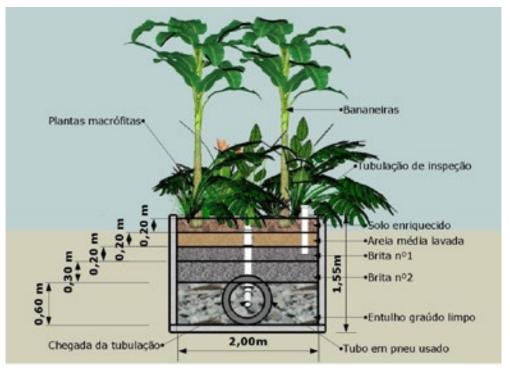
Os tanques são preenchidos com materiais filtrantes, valorizando materiais com maior permeabilidade no primeiro tanque (brita 2 ou 1, por exemplo), e materiais com menor permeabilidade, como pedrisco ou areia grossa no segundo. Quanto menor o tamanho do grão utilizado maior a superfície de tratamento, e melhor a eficiência, no entanto, é maior também a possibilidade de colmatação (entupimento).

# Tratamento de águas negras em bacia de evapotranspiração

Recomendado para locais com baixa umidade do ar,e somente para recebimento de água dos vasos sanitários afim de reduzir suas dimensões, é usualmente dimensionado à uma taxa variando de I a 2m²/pessoa de área superficial, com profundidades ao redor de I,3m a I,5m de profundidade. Tem um bojo central onde é cumprida a função de fossa séptica, preenchido em suas laterais com entulho graúdo e limpo em uma altura de 60cm, complementado por 30cm de brita 2, abaixo de 20cm de brita I, abaixo de 20cm de areia grossa, ou areia média lavada, e 20cm de solo local enriquecido com composto. Considerando uma taxa de I,5m²/pessoa, para uma família de 4 pessoas teríamos uma área

superficial total de 6m². Se adotarmos a mesma relação de comprimento e largura adotada anteriormente, teríamos:

$$A = C \times L$$
  
 $6 = 1,5.L \times L$   
 $6/1,5=L^2$   
 $L=2,0m, e C = 1,5\times2,0 = 3,0m.$ 



Perfil típico de uma bacia de evapotranspiração

Dependendo dos índices pluviométricos locais, pode ser que a quantidade de água de chuva que "entra" na bacia seja maior do que a que "sai" pela evapotranspiração, havendo necessidade de um ladrão que conduza o excedente

para um local apropriado, como um círculo de bananeiras, vala de infiltração, ou similar. O ladrão deve ficar na parte superior da camada de areia, logo abaixo da camada de solo.

# Sistema modular de tratamento de águas servidas em anéis de concreto

Seguindo a mesma formatação sugerida pela norma brasileira, com uma fossa séptica seguida por um filtro anaeróbico, o sistema é baseado em torres formadas pelo empilhamento de anéis de concreto sobrepostos, com pelo menos duas torres cumprindo a função de fossa séptica, e a(s) seguinte(s) com a função de filtro anaeróbico misto, com o plantio de macrófitas emergentes sobre a base de pedra, tal qual nos wetlands. O dimensionamento básico, conforme proposto por Albino Eliseu, divulgador da técnica, leva em conta o tempo de detenção de 3 dias na fossa séptica, e 1,6 dias no filtro anaeróbico. Dessa forma, considerando o mesmo exemplo anterior, de uma família com geração de 480 litros de águas servidas por dia, teríamos o seguinte cenário:

Fossa séptica: 3 dias x 480 litros/dia = 1.440 litros

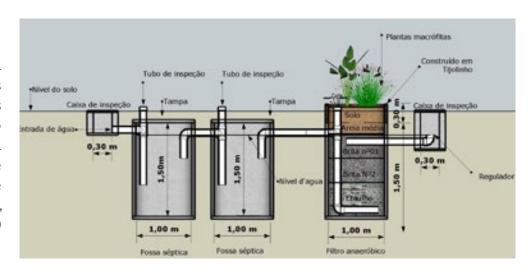
Como o volume armazenável em uma torre de 1,5m de altura (3 anéis), descontada a altura da tubulação, é de cerca de 1.000 litros, são necessárias duas torres para cumprir o volume minimo calculado. Ainda que o volume fosse inferior a apenas um torre, ainda assim são usadas pelo menos duas torres.

Filtro anaeróbico: 1,6 dias x 480 litros/dia = 768 litros

Já para o dimensionamento do filtro o volume calculado corresponde ao volume mínimo, assim, como o volume armazenável na torre é de aproximadamente 1.000 litros, apenas um torre já é suficiente para atender o dimensionamento.

Detalhe construtivo importante, a caixa de passagem posicionada após a última torre do filtro plantado possui um joelho virado para cima, forçando o nivel de

água no interior do filtro plantado a ficar acima do tubo horizontal, impedindo a criação de espaços com ar dentro do tubo, evitando dessa forma o entupimento da tubulação a médio prazo pelas raízes das plantas.



Corte esquemático - sistema misto de tratamento com anéis de concreto

### Tratamento de águas mistas em fossa séptica seguida por wetlands construídos

Seguindo as recomendações da norma brasileira, a fossa deve possuir volume útil equivalente ao volume gerado em um dia de uso, o que é também chamado de período de detenção, obedecendo um volume mínimo de 1.000 litros, e altura útil (com água) de 1,20m. De forma geral recomenda-se a utilização de tanques retangulares com a mesma relação de comprimento e largura (C=1,5.L) oferecido para os wetlands, criando maior distância entre o ponto de entrada de esgoto e a saída da água coletada, aumentando o potencial de retenção do material sólido e do material flutuante, melhorando a qualidade da água para tratamento em wetlands, próxima etapa do tratamento, que segue a metodologia exposta anteriormente.



Construção de fossa séptica em alvenaria em comunidade isolada no litoral sul do RJ

# TESTE DE INFILTRAÇÃO SIMPLIFICADO

(retirado do livro "Create an Oasis with Greywater", de Art Ludwig)

### Materiais:

- Cavadeira,
- Estacas de madeira graduada em centímetros,
- Baldes com água ou mangueira,
- Papel, caneta e prancheta,
- Esse Guia de teste de campo e sua Tabela de conversão.

### Passo a Passo do Teste:

- 1. Cave buracos de 15 a 30cm de profundidade, com uma cavadeira, onde quer aplicar/infiltrar água;
- 2. Coloque uma estaca no fundo do buraco e crave-a firmemente, marcando os centímetros na mesma como se fosse uma régua;
- 3. Encha o buraco de 3 a 5 vezes com água, marcando quantos minutos a água leva para baixar I cm;
- 4. Assim que o resultado (em minutos) se repetir ao longo dos testes no mesmo buraco, anote esse valor em minutos;
- 5. O resultado será dado em minutos por centímetro (min/cm);

6. Agora basta comparar o resultado com a coluna taxa de infiltração do solo na tabela abaixo e verificar a taxa de aplicação, ou a área necessária para receber o volume produzido.

Taxa Infiltração do solo min/cm	Taxa de aplicação L/m² . dia	Área necessária m²/m³/dia
0 – 75	100	10
75 – 110	60	20
110 – 150	40	25
150 – 300	20	50



# COORDENAÇÃO GERAL:

THAIS PIMENTA ARQUITETA URBANISTA

### **ASSESSORIA TÉCNICA:**

**GUILHERME CASTAGNA** ENGENHEIRO CIVIL

DESIGN ECOLÓGICO

**ULRICH ZENS** ARQUITETO PAISAGISTA

bödeker partners



# SUPORTE:

JOÃO PEDRO DAVID **GUIL BLANCHE** TAMARA ALVARENGA























