

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A RECUPERAÇÃO DE SOLOS
E A REUTILIZAÇÃO TOTAL DE EFLUENTES SANITÁRIOS
MEDIANTE O USO DE TECNOLOGIAS MAIS LIMPAS**

Kelly Cristina Passarini

São Paulo - SP
Março de 2011

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A RECUPERAÇÃO DE SOLOS
E A REUTILIZAÇÃO TOTAL DE EFLUENTES SANITÁRIOS
MEDIANTE O USO DE TECNOLOGIAS MAIS LIMPAS**

Autor: Kelly Cristina Passarini

Orientador: Profº Dr. José Carlos Curvelo Santana

Co-Orientador (a): Profª Drª. Rosangela Maria Vanalle

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia de Produção como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

São Paulo - SP
Março de 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - UNINOVE

Passarini, Kelly Cristina.

Proposta metodológica para a recuperação de solos e a reutilização total de efluentes sanitários mediante o uso de tecnologias mais limpas./ Kelly Cristina Passarini.

127 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2011.

Orientador (a): Prof. Dr. José Carlos Curvelo Santana.

1. Resíduos. 2. Solo. 3. Efluente. 4. Tecnologias limpas. 5. Reuso. 6. Custo.

I. Santana, José Carlos Curvelo.

CDU 621

ACRESCENTAR A FOLHA DE ASSINATURA

Dedicatória

Aos meus pais, Maria Neusa e José
Carlos e minha irmã, Karen, dedico.

Ao Eduardo Veríssimo, pelo carinho e
incentivo constante, ofereço.

Agradecimentos

À Universidade Nove de Julho pela oportunidade e concessão da bolsa de estudos;

Ao Profº José Carlos Curvelo Santana pela orientação, confiança, atenção, cooperação, disponibilidade e equilíbrio;

À Profª Dra. Rosangela Maria Vanalle pela co-orientação, discussões e questionamentos;

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Nove de Julho e as contribuições valiosas dos membros da banca examinadora;

À Sociedade de Abastecimento de Água e Esgoto de Campinas – SP, SANASA e seus funcionários, Engº Otávio, Engº Sérgio e os operadores, pela atenção no atendimento e disponibilidade para a coleta do efluente sanitário bruto;

À minha família: Maria Neusa (mãe), Karen (irmã), José Carlos (pai) e o Môli, por TUDO;

Aos meus avós, em especial à Vó Nenem, por ser uma pessoa iluminada, um exemplo de vida e sabedoria;

Ao Eduardo Veríssimo, meu noivo, por estar presente em minha vida e em todas as etapas deste trabalho, por todo companheirismo, dedicação e amor.

Ao Dr. Nelson Victória pelos ensinamentos ainda na graduação, sobre a minuciosidade e realização das análises físico-químicas e microbiológicas;

Aos amigos e todos aqueles que participaram deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XII
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1 JUSTIFICATIVA.....	05
1.2 OBJETIVOS.....	06
1.2.1 Objetivo geral.....	06
1.2.1 Objetivo específico.....	06
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	07
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	08
2.1 Princípio da Produção mais limpa.....	09
2.2 Disponibilidade e Demanda dos Recursos Hídricos.....	12
2.3 Problemas relacionados à água.....	14
2.4 Tratamento e Composição geral do Efluente Sanitário.....	18
2.4.1 Decantação.....	23
2.4.2 Microfiltração.....	24
2.4.2.1Uso de Membranas.....	28
2.5 Reuso da Água.....	30
2.5.1 Reuso de Efluente Sanitário na Agricultura.....	32
2.5.2 Considerações sobre o reuso.....	35
2.6 Sistemas de Irrigação.....	40
2.7 Produção de Alimentos.....	41
2.7.1 Aspectos gerais.....	45
2.7.1.1 Cultura do Milho.....	45
2.7.1.2 Cultura do Feijão.....	46
2.8 Reutilização de Resíduos da Construção Civil (RCC).....	47
2.9 Produção de Humos.....	53
2.10 Recuperação de solos.....	56
2.11 Contabilidade de Custos Ecológicos (CCE de Custos).....	57

3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	61
3.1	Características gerais.....	62
3.2	Planejamento dos experimentos.....	62
3.3	Materiais.....	65
3.4	Caracterização do efluente.....	67
3.5	Tratamento do efluente.....	71
3.6	Produção de humos.....	74
3.7	Avaliação da fertilidade do solo.....	75
3.8	Análises por espectrometria de massa.....	75
3.9	Inserção de resíduos da Construção Civil à cadeia produtiva.....	76
3.10	Estratégias para a mensuração dos custos ecológicos.....	76
3.10.1	Mensuração de Custos Ecológicos.....	76
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	78
4.1	Estudo da decantação do esgoto e produção do humos.....	79
4.1.1	Germinação das sementes.....	80
4.1.1.1	Escolha do tipo de solo.....	80
4.1.1.2	Germinação das sementes sobre os solos.....	82
4.2	Análises da qualidade da água.....	88
4.3	Reuso das águas.....	92
4.4	Análises por espectrometria de massa com plasma de massa.....	93
4.4.1	Composição química dos solos.....	93
4.5	Aplicação da contabilidade de custos ecológicos.....	94
4.5.1	Mensuração dos custos ecológicos.....	94
4.5.1.1	Custos ecológicos para a produção de água de reuso.....	95
4.6	Inserção dos Resíduos da Construção Civil na cadeia produtiva.....	98
4.6.1	Inserção do reuso do RCC na cadeia da Construção Civil.....	98
5.	CONCLUSÃO.....	101
5.1	SUGESTÕES.....	103
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
	ANEXO A	125

LISTA DE FIGURAS.....VII

Figura 2.1 – Organograma de fluxo e estratégia para a produção mais limpa.....	10
Figura 2.2 – Foco de contaminação e deposição inadequada de resíduos sólidos.....	19
Figura 2.3 – Membranas mais utilizadas na área de saneamento.....	25
Figura 2.4 – Relação das membranas em relação ao diâmetro dos poros.....	26
Figura 2.5 – Processo de colmatação da membrana e retrolavagem.....	28
Figura 2.6 – Potenciais para reuso de esgoto doméstico e industrial.....	31
Figura 2.7 – Número de pessoas subnutridas em todo o mundo.....	42
Figura 2.8 – Insegurança alimentar grave em municípios brasileiros.....	43
Figura 2.9 – Cadeia da Construção Civil.....	48
Figura 2.10 – Modelo representativo da Contabilidade de Custos Ecológicos.....	59
Figura 3.1 – Sequência técnica e operacional das etapas metodológicas.....	64
Figura 3.2 – Estação de tratamento de Esgoto Anhumas.....	65
Figura 3.3 – Resíduo da construção civil coletado, triturado e peneirado.....	66
Figura 3.4 – Cone Imhoff.....	69
Figura 3.5 – Alguns procedimentos para detecção de bactérias heterotróficas.....	71
Figura 3.6 – Tratamento do efluente doméstico e separação das fases líquidas (efluente tratado) e sólida (lodo utilizado na produção de Humos).....	72
Figura 3.7 – Membrana filtrante e microfiltração.....	73
Figura 3.8 – Cuba de germinação para a produção de Humos.....	74
Figura 4.1 – Curvas de decantação do lodo do efluente pelo uso do RCC.....	79
Figura 4.2 – Averiguação da eficiência de decantação do lodo pelo uso do RCC.....	80
Figura 4.3 – Procedimento para a definição do solo para o estudo da germinação.....	81
Figura 4.4 – Germinação das sementes de feijão.....	82
Figura 4.5 – Germinação das sementes de milho.....	82
Figura 4.6 – Superfície de resposta para avaliar os efeitos do RCC e do tempo de produção do húmus sobre o ganho na fertilidade do solo para o milho.....	86
Figura 4.7 – Superfície de resposta para avaliar os efeitos do RCC e do tempo de produção do húmus sobre o ganho na fertilidade do solo para o feijão.....	87
Figura 4.8 – Amostras retiradas do processo bruto e do tratamento por decantação, microfiltração, respectivamente.....	90
Figura 4.9 – Obtenção de resultados para contagem de bactérias heterotróficas.....	91
Figura 4.10 – Cadeia produtiva e verde da indústria da construção civil.....	96

LISTA DE TABELAS.....VIII

Tabela 2.1 - Doenças causadas pelos patógenos presentes nos esgotos sem tratamento.....	17
Tabela 2.2 - Índices médios nacionais de atendimento da população total para abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto.....	18
Tabela 2.3 - Comparação entre concentrações afluentes usuais e concentrações médias reais dos constituintes.....	20
Tabela 2.4 - Características e componentes do esgoto sanitário.....	21
Tabela 2.5 - Principais processos de tratamento de efluentes.....	22
Tabela 2.6 - Aumento da produtividade (ton/ha/ano) possibilitada pela irrigação com esgotos domésticos.....	35
Tabela 2.7 - Recomendação da OMS para o reuso de efluentes sanitários.....	37
Tabela 2.8 - Parâmetros da Resolução Conama 357/05 para rios classe 2.....	38
Tabela 2.9 - Métodos e variações para a irrigação.....	40
Tabela 2.10 - A geração de entulho em cidades brasileiras.....	49
Tabela 2.11 - Materiais que compõem o entulho.....	50
Tabela 2.12 - Legislação nacional pertinente ao reaproveitamento de resíduos da construção civil.....	52
Tabela 3.1 - Planejamento Fatorial completo.....	63
Tabela 3.2 - Métodos utilizados nas análises físico-químicas e microbiológica.....	67
Tabela 4.1 - Testes de germinação com solos irrigados com água e efluente.....	81
Tabela 4.2 - Planejamento experimental e resultados obtidos para sementes de feijão.....	84
Tabela 4.3 - Planejamento dos experimentos e resultados obtidos para as sementes de milho.....	84
Tabela 4.4 - Avaliação do modelo que mais se ajustou aos dados experimentais para o milho.....	85
Tabela 4.5 - Avaliação do modelo que mais se ajustou aos dados experimentais para o feijão.....	87
Tabela 4.6 - Avaliação do tratamento de efluente sanitário mediante análise de parâmetros físico-químicos e microbiológico.....	88
Tabela 4.7 - Resultados da contagem de bactérias heterotróficas.....	92
Tabela 4.8 - Resultados das análises do solo, húmus e do RCC por espectrometria de massa com plasma.....	94

Tabela 4.9 - Contabilidade do processo de tratamento do efluente à base de RCC e produção de húmus do lodo decantado.....	95
Tabela 4.10 - Levantamento de Custos da Produção da Água de Reuso.....	97

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA -	Agência Nacional das Águas
CCE -	Contabilidade de Custos Ecológicos
CCEC -	Contabilidade de Custos Ecológicos Completa
CETESB -	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNTL -	Centro Nacional de Tecnologias Limpas
CODASP -	Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo
CONAMA -	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DBO -	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO -	Demanda química de Oxigênio
EPA -	Agência De Proteção Ambiental
ETE -	Estação de Tratamento de Esgoto
FAO -	Organização Das Nações Unidas Para a Agricultura e Alimentação
IFPRI -	Instituto de Pesquisa em Política Alimentar
NT -	Nitrogênio Total
NTU -	Unidade Nefelométrica De Turbidez
OMS -	Organização Mundial de Saúde
pH -	Potencial Hidrogeniônico
ppm -	Partes por milhão
PT -	Fósforo Total
RCC -	Resíduo Da Construção Civil
RDC -	Resíduo De Construção e Demolição
SANASA -	Sociedade De Abastecimento De Água e Saneamento
SOFI -	Estado de Insegurança Alimentar no Mundo
SST -	Sólidos Suspensos Totais
UFC -	Unidade Formadora de Colônia
UNEP -	Programa Ambiental das Nações Unidas
WHO -	World Health Organization

RESUMO

A aplicação de métodos visando à prática dos princípios da produção limpa é preponderante para o alcance e a manutenção de sistemas sustentáveis prevendo o uso racional de matérias-primas e o reaproveitamento de resíduos. Este estudo propõe uma metodologia para a recuperação de solos degradados e a reutilização total de um efluente sanitário bruto da ETE Anhumas, Campinas – SP. O efluente é tratado por decantação por onde se fez o uso de resíduos da construção civil e por microfiltração, utilizando membranas. O decantado adicionado à gramíneas foi transformado em humos e o líquido microfiltrado foi devidamente caracterizado e disposto para reuso em irrigação; ambos foram utilizados em culturas de milho e feijão. O solo com humos mostrou-se mais eficiente na produção, apresentando um ganho de fertilidade de 11% para o feijão e 15,64 para o milho, respectivamente. Analisou-se o custo/benefício do uso do resíduo da construção civil e da produção de humos como fertilizante orgânico mediante o método de contabilidade de custo ecológicos. Obteve-se um ganho mensal de R\$130.000,00 de acordo com os dados da ETE. Pode-se concluir que a metodologia utilizada foi eficiente economicamente e pode contribuir com a redução de impactos ambientais pertinentes à disposição de resíduos, à redução do consumo de água potável para irrigação e de fertilizantes agrícolas, a melhora na fertilidade de solos degradados e ao aumento da produção de alimentos.

Palavras-chave: resíduos, solo, efluente, tecnologias limpas, reuso, custo.

ABSTRACT

The application of methods in order to practice the principles of clean production is paramount to achieve and maintain sustainable systems providing the rational use of raw materials and reuse waste. This work aimed elaborates a methodology for soil recuperation and sewage reuse from Anhumas ETE, Campinas – SP, Brazil. The crude sewage was treated by precipitation process using the building construction waste (BCW) and by microfiltration using plain membranes. The sludge decanted from crude sewage by BCW precipitation was mixed to the poor soil for humus manufacture. Liquids extracted from the pre-treated sewage and after filtration into plain membrane were physical-chemistry characterized and reused in irrigation; both are used for corn and beans. Soil with humos was more efficient in production, showing a gain in fertility from 11% to 15.64% for beans and corn, respectively. The cost and benefit analysis the production process of humus was evaluated by accounting for environmental costs methodology; while it obtained a monthly gain of R\$ 130,000.00, using data from Anhumas ETE. It can be concluded that the methodology is cost efficient and can contribute to reducing environmental impacts relevant to the disposal of waste, reducing the consumption of potable water for irrigation and agricultural fertilizers, improved fertility of degraded soils and increase food production.

Key-words: waste, soil, sewage, clean technologies, reuse, cost.

INTRODUÇÃO

Neste Capítulo abordar-se-á aspectos gerais sobre o conteúdo deste estudo, bem como a justificativa, objetivos e organização do trabalho.

1. INTRODUÇÃO

Devido a uma legislação ambiental mais rígida, a preocupação dos consumidores em relação à qualidade dos produtos, ao aumento da poluição, à minimização da qualidade de vida e a necessidade de estabelecer uma favorável e ampla relação no mundo dos negócios, empresas e órgãos municipais, estaduais e federais estudam alternativas de transformação dos recursos naturais (matéria-prima), dos processos de produção até a disposição dos resíduos no meio.

Neste contexto, faz-se cada vez mais necessária a prática dos princípios da produção mais limpa, numa tendência a tornar os processos mais sustentáveis. A produção mais limpa, segundo a UNEP (2006), CETESB (2007) *apud* Henrique e Quellas (2007) é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva aos processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a eficiência total e reduzir riscos aos seres humanos e ao ambiente. Consiste também em eliminar todo e qualquer desperdício, pois o desperdício é tudo aquilo que não agrega valor ao produto ou serviço (ALVES E OLIVEIRA, 2007).

O processo de produção mais limpa é estudado no Brasil especialmente pelo CNTL/SENAI – Centro Nacional de Tecnologias Limpas e é subdividido em duas ramificações. A primeira refere-se à minimização de resíduos e emissões que permitem ações de redução e reciclagem dentro do processo produtivo. A segunda ramificação diz respeito ao reuso de resíduos e emissões, prevalecendo todo material que não pode ser reincorporado e modificado ainda no processo interno.

O estudo em questão considera os diversos aspectos de aplicação da produção mais limpa no que diz respeito principalmente, à renovação dos recursos da cadeia produtiva da construção civil e no reaproveitamento da água, possibilitada pelo reuso dos resíduos e de efluentes sanitários, ao que consta, em outra cadeia de produção: a cadeia de produção agrícola.

A reintrodução dos resíduos na cadeia produtiva possibilita a redução na fonte de matéria-prima e no consumo de recursos naturais, menores custos, a diminuição do impacto ambiental causado pelos processos de produção, a geração reduzida de resíduos sólidos contornando a situação da falta de alocação adequada para estes, à substituição da matéria-prima e a modificação de tecnologias, enfatizando as tecnologias mais limpas.

O reaproveitamento de resíduos da construção civil é consolidado pela Resolução CONAMA nº. 307 de 5 de Julho de 2002. Diversos estudos apontam a utilização de resíduos da construção civil como agregados para a recuperação de solos degradados. Ressalta-se que os processos atrelados à construção civil, além do alto consumo de recursos naturais, sejam responsáveis pela degradação do solo mediante a compactação e a contaminação.

A incorporação de resíduos da construção civil como um agregado, com a finalidade de recuperação dos solos, tem o objetivo de melhorar a sua estrutura física. Em termos de recuperação de rendimento e aumento da fertilidade faz-se necessário o emprego de uma fonte de nutrientes (matéria orgânica). A matéria orgânica é um dos principais agentes de formação e estabilização de agregados e de sustentabilidade dos agroecossistemas e a diminuição de seu conteúdo no solo é uma das maiores causas de deterioração da estrutura do solo (WENDLING *et al.*, 2005; FONSECA, 2005).

O efluente sanitário e os seus subprodutos tornam-se uma alternativa interessante de fonte de matéria orgânica e água de qualidade inferior destinada à irrigação das culturas agrícolas.

A composição de um agregado com uma fonte de matéria orgânica, servidos por períodos de transformação do composto pode ser denominada de humos. O humos, com as suas características próprias, vem ganhando espaço no mercado, pois pode ser produzido pelo próprio agricultor, diminuir perdas por erosão, melhorar a estrutura física do solo, favorecer o controle biológico, reduzir o custo e aumentar a produção (ZAPPAROLI *et al.* 2008; LOPES, 1989). Os resíduos utilizados variam desde esterco animal, resíduos vegetais, compostos de lixo urbano e industrial, lodo de esgoto, entre outros (SENAR, 1994).

A prática da adubação orgânica, além de fornecer nutrientes às plantas, proporciona a melhoria física do solo, aumenta a retenção de água, diminui as perdas por erosão, favorece o controle biológico devido à maior população microbiana e melhora a capacidade tampão do solo (LOPES, 1989).

O aumento do índice de fertilidade é verificado em função do processo de germinação, estabelecido basicamente pela quantidade de sementes germinadas e início do desenvolvimento das culturas.

Diversos estudos como os realizados por Alves (2001); Vaz e Gonçalves (2002); Assirati (2005); Lima *et al.* (2005); Azevedo *et al.* (2005); Baumgartner *et al.* (2007) e Tonon (2007), relataram incremento de subprodutos do esgoto no solo. Observou-se melhora na qualidade do solo, elevação da fertilidade e aumento significativo do desenvolvimento da espécie de cultura empregada.

As características mais importantes dos efluentes sanitários, sobretudo para o desenvolvimento das plantas é a presença do nitrogênio e fósforo (LOPES, 1989; CORAUCCI FILHO *et al.*, 1999b).

Mediante a redução dos impactos ambientais aos corpos d'água e ao solo pelo uso de efluentes sanitários, em todo o mundo é estimado que 18% das terras agriculturáveis sejam irrigadas por esgotos e essas são responsáveis por 40% da produção mundial de alimentos. Shende (1985) cita resultados efetivos para a elevação da produtividade em lavouras de batata, algodão, arroz, feijão e trigo irrigadas com esgoto em Nagpur, na Índia. Arlosoroff (2002) *apud* por Who (2006) mostrou em Israel, que o índice de reciclagem de esgoto aplicado na irrigação atinge aproximadamente 75%. Em questão de padrão de reuso de efluentes domésticos, no Brasil, baseia-se em padrões estabelecidos pela OMS (1989) e pela Resolução CONAMA nº. 357/2005, para padrões de lançamento em corpos receptores de classe 2.

O presente estudo propõe uma metodologia de recuperação de solos degradados e o aproveitamento total de um efluente sanitário tratado com resíduos da construção civil, mediante o processo de decantação e microfiltração com membrana. A decantação tem objetivo principal de retenção dos sólidos por gravidade e a microfiltração da separação de partículas sólidas do líquido.

Com o resíduo decantado é produzido o humos e o efluente líquido é utilizado em irrigação, ambos são aplicados em culturas de milho e feijão. Além disso, faz-se uma análise de custo e benefício da produção da água de reuso desde a ETE Anhumas até o consumidor e do reaproveitamento de resíduos, utilizando um método referente à Contabilidade de Custos Ecológicos (CCE). Basicamente, a função da CCE é identificar, valorizar e comunicar as externalidades positivas e negativas, que possibilita a entidade informar sua contribuição em relação à sustentabilidade e apurar resultados relativos à gestão ambiental.

A efetividade deste estudo destaca a possibilidade de recuperação dos solos empobrecidos, reuso de um efluente sanitário e resíduo da construção civil, aumento da produção agrícola, aumento da disponibilidade de alimentos e redução dos impactos ambientais provocados pela disposição inadequada de resíduos no meio.

1.1 JUSTIFICATIVA

Este estudo apresenta como justificativa principal a necessidade da prática de uma abordagem sustentável em sistemas produtivos e da conservação e preservação dos recursos naturais (água e solo).

Os altos índices de poluição dos corpos hídricos e o desordenamento urbano são fatores importantes que afetam a disponibilidade hídrica no mundo. Neste contexto é coerente o emprego da água potável para fins mais nobres, relacionados diretamente aos usos para consumo e contato humano, além da promoção de fontes alternativas (água de reuso) para as atividades que possam se adequar às águas de qualidade inferior e que exijam grande consumo, como a agricultura.

O despejo de efluentes sanitários com tratamento inexistente ou incipiente é o principal agravante da contaminação das águas. Muitas estações de tratamento de efluentes sanitários são pouco eficientes, não utilizam operações integradas de tratamento, os sistemas são custosos e demandantes de grandes áreas e energia. E ainda não são projetadas para atender a crescente demanda populacional.

A ausência de locais apropriados para a disposição de resíduos sólidos causa significativos impactos ambientais. Em geral, os municípios, órgãos e empresas públicas e privadas não possuem um planejamento adequado para a recepção, processamento, reciclagem, reutilização e reincorporação dos resíduos passíveis de transformação e sua inserção em cadeias produtivas. Os resíduos da construção civil, sobretudo, necessitam de grandes áreas e podem se tornar foco de contaminação do solo e de corpos hídricos.

O uso de insumos agrícolas e fertilizantes sintéticos também pode contribuir para a contaminação do solo e da água. Além disso, há o risco de redução na qualidade da cultura, devido principalmente à ação de substâncias que promovam o crescimento rápido e superior ao potencial natural de folhas, frutos e leguminosas, que resultem em maior durabilidade dos produtos assegurando-os dos ataques de pragas.

O processo de produção massiva no setor agrícola acaba por estimular a degradação dos solos pelo mau uso, privilegia a exportação dos produtos, pouco contribui para a minimização da distribuição desigual de alimentos e os elevados índices de desnutrição.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem como objetivo geral a proposta de uma metodologia de reaproveitamento total do efluente sanitário e a recuperação de solos degradados a partir de tecnologias mais limpas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Esta pesquisa tem como objetivos específicos:

- Caracterizar o efluente sanitário “in natura” e pós tratado pelos processos de decantação e microfiltração mediante os seguintes parâmetros físico-químicos e microbiológico: oxigênio dissolvido (mg/L), pH (potencial hidrogeniônico), turbidez (NTU), DQO (mg/LO₂), temperatura (°C), condutividade (µsiemens/cm), sólidos sedimentáveis (mg/L) e bactérias heterotróficas (UFC/mL);
- Avaliar a fertilidade dos solos mediante a germinação de sementes de milho e feijão em solos com o incremento do lodo proveniente do processo de decantação, por períodos diferentes;
- Tratar o efluente por membranas e realizar ensaios de reuso da água;
- Planejar e otimizar os experimentos;
- Estudar a reintegração dos resíduos à cadeia de produção de grãos na agricultura;
- Verificar o custo/benefício da etapa de tratamento do efluente sanitário por decantação empregando o resíduo da construção civil, da produção de humos como fertilizante e do transporte da água de reuso da ETE Anhumas até o consumidor;
- Analisar a possibilidade de reuso do efluente sanitário em irrigação agrícola considerando os resultados da caracterização do efluente e os parâmetros estudados, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (1989) e a Resolução Conama 357/05.

1.3 Organização do trabalho

Este trabalho subdivide-se respectivamente nos seguintes capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Materiais e Métodos, Resultados e Discussões e Conclusão.

Capítulo 1 - Introdução: Apresenta-se uma abordagem geral do estudo, os objetivos, a justificativa e a organização do trabalho, marcado pela necessidade notória da prática da sustentabilidade mediante o emprego de tecnologias mais limpas, o reuso de resíduos sólidos (resíduos da construção civil) e líquidos (efluente sanitário), ressaltando alguns benefícios sócio – ambientais e econômicos.

Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica: Verifica-se o levantamento literário de estudos pertinentes ao tema. Iniciando-se pelo conceito de produção mais limpa e os resultados de sua prática como uma estratégia aplicada aos processos produtivos. A disponibilidade hídrica, a composição e o tratamento de efluentes sanitários, sendo neste último verificado o processo de decantação e microfiltração por membranas. O reuso de efluentes e resíduos da construção civil na agricultura, a fim de elevar os índices de fertilidade do solo e aumentar a produção de alimentos. Em seguida, apresenta-se, mediante o uso da contabilidade de custos ecológicos, a viabilidade econômica do emprego do humos produzido e do transporte do efluente sanitário para reuso, da ETE Anhumas até o consumidor.

Capítulo 3 – Materiais e Métodos: Descreve-se o planejamento experimental, os materiais e métodos de caracterização físico-química e de tratamento do efluente sanitário, da produção de humos, da espectrometria de massa, avaliação da fertilidade do solo, da inserção dos resíduos da construção civil em cadeias produtivas e as estratégias de mensuração dos custos ecológicos.

Capítulo 4 – Resultados e Discussões: Neste capítulo é possível, entre análises quantitativas e qualitativas, identificar se todos os objetivos foram alcançados e a viabilidade do estudo. Os itens chave para este capítulo permeiam sob a avaliação da qualidade do solo com humos e do efluente sanitário para reuso na agricultura, da inserção do resíduo da construção civil em cadeias produtivas e da mensuração de custos.

Capítulo 5 – Conclusão: Conclui-se o trabalho a partir da discussão dos resultados obtidos e propõem-se direções para continuidade da pesquisa.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo faz-se um levantamento literário com base em conceitos e estudos recentes e coerentes à sustentabilidade dos meios de produção e a minimização dos impactos ambientais mediante a produção mais limpa e a reutilização de resíduos líquidos (efluentes sanitários) e sólidos (resíduos da construção civil) para a recuperação de solos degradados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Princípios da Produção mais limpa

A Revolução industrial propiciou a geração de riquezas e o desenvolvimento da sociedade, a princípio, perplexa por poder realizar as suas tarefas em maior número e em períodos mais curtos, com um único objetivo: o lucro. A estratégia de lucro a qualquer custo subsidiada em tempos atuais pelo modelo econômico capitalista, ainda reina nos sistemas de produção, porém, começa a ser vista com cautela adaptando-se aos poucos as cadeias produtivas à modelos mais sustentáveis.

A abordagem de um sistema sustentável motivado pela continuidade da vida humana e ambiental e o ganho de inúmeras certificações ambientais no caso das empresas, encontra-se no foco. Tal fato pode determinar a chamada vantagem competitiva. Para Porter (1980) *apud* Abreu *et al.* (2004), a vantagem competitiva é resultado da capacidade da empresa de realizar eficientemente o conjunto de atividades necessárias para obter um custo mais baixo, gerando um valor diferenciado.

Existe uma tendência mundial em tornar a produção sustentável inserindo métodos, técnicas de gerenciamento que visam o aumento da produção e qualidade do produto em conciliação à minimização de resíduos, perdas, custos e gastos com processos finais. Uma metodologia um tanto próspera e cada vez mais utilizada neste contexto é a chamada produção mais limpa, iniciada em 1975 em um empresa americana “Multinacional Inovadora”.

A produção mais limpa, segundo o Programa Ambiental das Nações Unidas - UNEP (1989) é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva aos processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a eficiência total e de reduzir riscos aos seres humanos e ao ambiente. Visto a amplitude do termo, o UNEP (2006) abrange outros termos em certos países, como “eco-eficiência” e “prevenção de poluição”. Proporciona ainda a vantagem de ser uma abordagem mais efetiva em custo e não somente um meio de controlar a poluição; aumenta a eficiência do processo pela melhora de qualidade do produto e da minimização da poluição, resíduos e perdas geradas (ARAÚJO, 2010).

De acordo com Araújo (2010), a produção mais limpa lida com aspectos ambientais na sua fonte e não no final do processo. O que diminui os gastos com tratamento de resíduos e disposição final. Consiste também em eliminar todo e qualquer desperdício, pois o

desperdício é tudo aquilo que não agrega valor ao produto ou serviço (ALVES e OLIVEIRA, 2007).

Segundo o UNEP (2006) para os processos produtivos, a produção mais limpa resulta de uma das seguintes ações ou da combinação delas: conservação de matérias-primas, água e energia; eliminação de matérias-primas tóxicas e perigosas e redução da quantidade e toxicidade de todas as emissões e perdas na fonte durante o processo produtivo.

Há a necessidade de enfatizar a busca por alternativas e métodos de produção que otimize o uso de insumos, como: água, energia, produtos químicos e outros, pois cada grama de contaminante presente no efluente ou nos resíduos gerados nos processos industriais, são insumos e matérias-primas que foram pagas pela indústria, assim como todo o capital investido para a remoção destes contaminantes do efluente, de forma a se atender aos padrões estabelecidos em normas ambientais (MIERZWA e HESPANHOL, 2007).

A produção mais limpa pode ser aplicada aos processos utilizados em qualquer setor econômico, nos próprios produtos e nos vários serviços oferecidos à sociedade. A Figura 2.1 destaca uma estratégia básica e interessante do ponto de vista de aplicação e implementação da produção mais limpa.

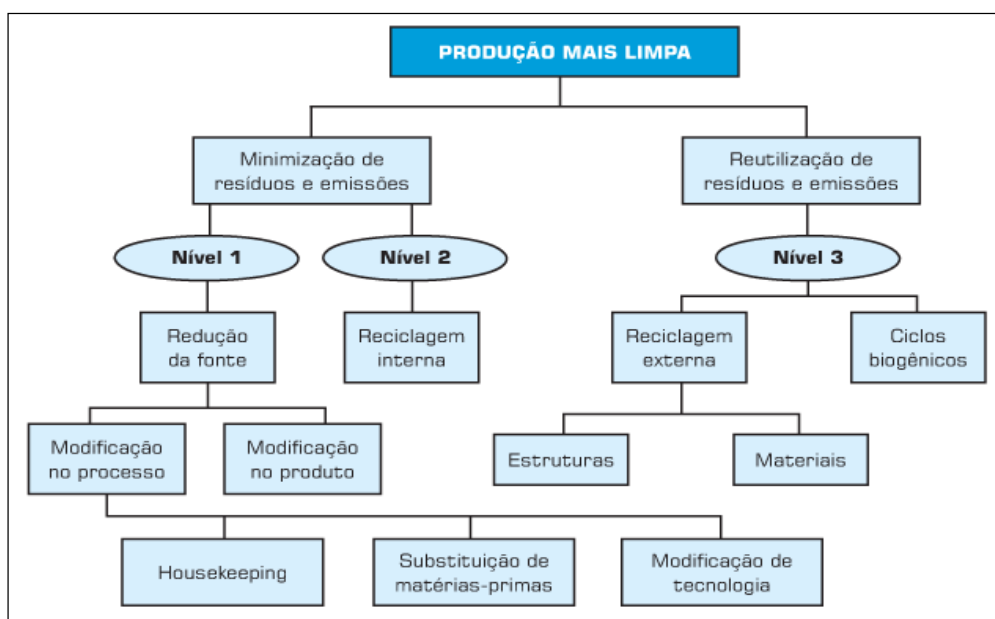


Figura 2.1- Organograma de fluxo e estratégia para a produção mais limpa

Fonte: CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas.

De acordo com a Figura 2.1 o processo de produção mais limpa é subdividido em duas ramificações: minimização de resíduos e emissões que permite ações de redução e reciclagem dentro do processo produtivo possibilitando a manutenção do sistema, a substituição de matérias-primas e a modificação de tecnologia, ou seja, trabalha-se de forma a diminuir ao máximo a geração de resíduos e emissões antes de chegar à etapa final de descarte. A outra ramificação diz respeito ao reuso de resíduos e emissões, prevalecendo todo material que não pode ser reincorporado e modificado ainda no processo interno.

Silva *et al.* (2007) relata seis estágios principais para o sucesso na implantação da produção mais limpa: planejamento, diagnóstico, avaliação, viabilidade, implementação e monitoramento e melhoria contínua. Para o UNEP (2006) ainda existem alguns obstáculos a serem contornados para a amplitude eficaz da produção mais limpa, como: os determinantes regionais (falta de pesquisas), a comunicação, a capacitação, a resistência à mudança, a multiplicação, o ensino, as parcerias e a governança.

Para implementar um programa de tecnologias de produção mais limpa na Nova Zelândia foi necessário um período de dois anos e o envolvimento de vinte e três organizações (CALIA, 2007). Tal fato reforça a necessidade de compreensão de qualquer programa constituinte do sistema de gestão ambiental como um processo criterioso que determina um tempo de preparo, planejamento para começar e ser posto em prática e a necessidade de melhora e adaptação do programa a um determinado tipo de produção e produto deve ser contínua a fim de se tornar eficaz.

No Brasil, foram concluídos e reconhecidos 42 projetos de produção mais limpa de 2001 a 2004, que resultaram na redução de 2.018 toneladas de poluentes (no 1º ano) das quais 1.714 toneladas são representadas por perdas sólidas e 304, por emissões aéreas (CALIA, 2007). O mesmo autor cita que neste mesmo período, no EUA foram contabilizados 846 projetos de produção mais limpa.

Vários autores como Harada (2006); Silva e Medeiros (2006); Alves e Oliveira (2007); Domingues e Paulino (2009); Tomazela, Daniel e Ferreira (2010); Meira (2010) e Degani (2010) aplicaram a produção mais limpa em seus estudos considerando os diversos setores da economia, como em estação de tratamento de efluentes, joalheiro, suco-acooleiro, serviços, usinagem, gestão de resíduos de arborização urbana e gerenciamento da sustentabilidade na construção civil, respectivamente.

A sustentabilidade na construção civil hoje é um tema de extrema importância, já que a indústria da construção causa um grande impacto ambiental ao longo de toda a sua cadeia produtiva (SILVA *et al.*, 2010).

Harada (2006) cita que o tratamento de efluentes é parte vital para todos os processos produtivos, principalmente por detectar grande parte das mudanças processuais ocorridas no interior de uma empresa e funciona como um auditor e instrumento da produção mais limpa.

Ao que tange a construção civil, a destinação e o reaproveitamento adequado dos seus resíduos, um dos principais fatores de alavanca da evolução do setor é a capacitação técnica dos agentes da cadeia produtiva para gerenciar a produção com base em conceitos e ferramentas que incorporem as novas exigências de qualidade, de qualidade ambiental, competitividade e custos.

Neste contexto, complementado pelos conceitos da produção limpa a reutilização/reciclagem dos resíduos da construção civil torna uma prática interessante do ponto de vista sócio-ambiental e econômico-financeiro.

Calia (2007) a partir de seus estudos concluiu que a produção mais limpa é uma abordagem com elevada eficácia para solucionar os problemas ambientais e reduzir custos na empresa. A utilização de estratégias que integre metas ambientais, econômicas e tecnológicas faz-se fundamental para a eficiência do processo.

De acordo com Alves e Oliveira (2007) a prática do uso da Produção mais Limpa leva ao desenvolvimento e implantação de Tecnologias Limpas nos processos produtivos.

O foco deste estudo está no reaproveitamento total de resíduos da construção civil e efluente sanitário tratado a partir de tecnologias limpas, de baixo custo e sua inserção em nova cadeia produtiva (agrícola).

2.2 Disponibilidade e Demanda dos Recursos Hídricos

O crescimento populacional aliado à intensificação dos processos industriais e a ausência de planejamento urbano adequado tem levado a deterioração dos recursos naturais, sobretudo, dos recursos hídricos. A demanda de água no mundo aumenta rapidamente, sob a pressão das mudanças dos hábitos de higiene e da necessidade de se alcançar, principalmente, uma produtividade cada vez maior de alimentos e de produtos industriais. Em soma às diversas fontes de contaminação dos mananciais e lençol freático, a água de qualidade tem a sua disponibilidade reduzida.

Hespanhol (2008) salienta que a disponibilidade hídrica tende a diminuir ao longo do tempo, enquanto os recursos hídricos disponíveis são mantidos aproximadamente constantes (em termos de vazão, mas não em termos de qualidade).

As grandes concentrações urbanas brasileiras apresentam condições críticas de sustentabilidade devido ao excesso de cargas de poluição doméstica, industrial, à ocorrência de enchentes urbanas, que contaminam os mananciais, associada a uma forte demanda de água (TUCCI *et al.*, 2000) e às mudanças climáticas.

Schlenker *et al.* (2007), ao analisar o impacto da mudança climática na agricultura irrigada na Califórnia, concluíram que, com aplicação de uma escala geográfica menor, o escoamento superficial durante a maior parte da estação de cultivo sofre decréscimo, com a possibilidade de modesto aumento na precipitação, o que resulta em redução na disponibilidade de água quando ela é mais necessária, aumento da demanda para irrigação, aumento da pressão sobre os rios e sobre os sistemas de água subterrânea.

A Agência Nacional das Águas (2009) dispõem de dados que indicam a existência de vários rios no país em que a demanda já alcançou 40% da oferta, o que se torna ainda mais grave quando se sabe que está disponibilidade é restrita, visto o índice de poluição que muitos desses apresentam.

A evolução populacional entrará em conflito com a demanda no consumo de água para o abastecimento público, recreacional, atividades industriais e irrigação agrícola caso não se pratique o uso racional da água (EPA, 2004). Países como a Argentina, China, Egito, Peru e México vêm sofrendo com os problemas de escassez de água, sendo uma das soluções encontradas reutilizar efluentes tratados para a irrigação de culturas e outros fins diversos (EPA, 2004). Em 2025, estima-se que três bilhões de pessoas serão afetadas pela escassez de recursos hídricos, cuja disponibilidade será inferior a 1.700 m³/ha/ano (CHRISTOFIDIS, 2002).

Considerando que da água existente no planeta, 97% são salgadas (mares e oceanos) ou não potáveis e que 2,5% estão nas geleiras inacessíveis, resta apenas 0,5% de água doce disponível no planeta, a qual se encontra armazenada em lençóis subterrâneos, sob a forma de chuva, rios, lagos e em instalações para armazenamento construídas pelo homem (ANA, 2006). De acordo com GEO (2003), apenas o percentual de 0,3% pode ser utilizado para abastecimento público, sendo que desse percentual apenas 3% apresentam-se na forma de água superficial, ou seja, de fácil extração.

Diversas pesquisas (EPA, 2004) indicam que as regiões pertinentes a Europa e a África, são as menos abastecidas pelos recursos hídricos e o Brasil é um dos países mais ricos em disponibilidade de água, porém, essa, está concentrada em regiões de baixo índice populacional e difícil acesso e, além disso, um grande volume é afetado pela baixa qualidade seja de ordem químico-física e/ou microbiológica, colocando em risco a saúde da população.

Santos (2002) ressalta que as regiões Sul e Sudeste apresenta relativa abundância de água, porém, grande parte vem sendo acometida pela poluição; a região semi-árida do nordeste apresenta problemas de escassez visto o clima e a falta de chuvas; a região norte e centro-oeste apresentam abundância em recursos hídricos e com índice de poluição relativamente baixo, no entanto, apresentam dois ecossistemas (Pantanal e a Floresta Amazônica) que requerem estratégias especiais dos sistemas de gestão.

Faganello (2007) complementa o contexto citando que em torno de 70% da água doce no Brasil situa-se na Bacia Amazônica, onde vivem apenas 7% da população, restando apenas 30% distribuídos nas outras regiões do país, onde se concentram 93% da população brasileira.

Este contexto é preocupante se analisarmos as formas de como o governo e a sociedade manejam os recursos hídricos. A prática da educação e conscientização do meio ambiente são os fatores primordiais para a preservação ambiental.

Visto que a disponibilidade global de água torna-se cada vez limitada, busca-se a investigação de alternativas para o reuso dos recursos hídricos, desde que haja a preservação de outros recursos naturais envolvidos e que a saúde e qualidade de vida da população não seja restringida.

2.3 Problemas relacionados à água

Além de contribuir com a escassez dos recursos hídricos, a poluição traz conseqüências diretas e indiretas à saúde, em geral, por contato ou pela ingestão de uma amostra de água contaminada.

Segundo Amorim (2001), a água contaminada ou poluída ocasiona as doenças de veiculação hídrica e também doenças de origem hídrica, causadas por substâncias químicas presentes na água em concentrações inadequadas.

a) Doenças de veiculação hídrica: A água atua como veículo do agente infeccioso, como por exemplo, no caso da febre tifóide, da disenteria bacilar, etc. Os microrganismos patogênicos atingem a água mediante as excretas de pessoas ou animais infectados. A contaminação pode ocorrer tanto pelo consumo quanto pelo contato com a água em que estejam presentes os organismos patogênicos.

b) Doenças de origem hídrica: são provenientes de certas substâncias contidas na água em teor inadequado, e que dão origem a doenças como fluorose, bócio e saturnismo; a água, por apresentar certas substâncias dissolvidas, em determinados teores, é responsável pelo aparecimento de doenças.

Alguns autores, como Crook (1998), Amorim e Macedo (2001) e Von Sperling (1996) citam que os principais organismos patogênicos encontrados no esgoto sanitário são:

- **Bactérias:** As bactérias constituem talvez o elemento mais importante deste grupo de microorganismos, responsáveis que são pela decomposição e estabilização da matéria orgânica, tanto na natureza como nas unidades de tratamento biológico. São microorganismos de aproximadamente 0,2 a 10 μm de comprimento. A bactéria patogênica mais comum encontrada no esgoto é a *Salmonella*, que causa a febre tifóide.

Nos despejos domésticos, podem ser encontradas bactérias aeróbias, anaeróbias e facultativas:

- **Bactérias aeróbias:** São as que utilizam o oxigênio contido no ar, oriundo diretamente da atmosfera ou do ar dissolvido na água para seu metabolismo. Essa ação bacteriana é denominada de oxidação ou decomposição aeróbia.

- **Bactérias anaeróbias:** São as que retiram o oxigênio através de ações sobre os compostos orgânicos ou inorgânicos que contêm oxigênio para seu metabolismo, ao invés de retirá-lo do ar. Este processo bacteriano é denominado de putrefação ou decomposição anaeróbia.

- **Bactérias facultativas:** São as que possuem a capacidade de ora retirar o oxigênio contido no ar, ora retirar o oxigênio através de ações sobre outros compostos.

- **Fungos:** Os fungos encontrados nas águas poluídas têm origem no solo, uma vez que os verdadeiros fungos aquáticos não se adaptam as águas poluídas.

- **Vírus:** São parasitas intracelulares capazes de se multiplicar somente em células hospedeiras. Os tamanhos variam de 0,01 a 0,3 μm . Os vírus entéricos mais importantes são: enterovírus (polio, echo e coxsackie), Norwalk vírus, rotavírus, reovírus, calicivirus, adenovírus e vírus da hepatite A.

- **Protozoários:** São cistos parasitas maiores que as bactérias e variam de 2 a 60 μm . Eles não se reproduzem no ambiente, porém são capazes de sobreviver no mesmo, por muitos anos, em condições ideais.

- **Helminhos:** Os ovos e larvas destes helmintos têm aproximadamente na faixa de 10 μm a 100 μm , são resistentes ao ambiente e podem sobreviver aos procedimentos de desinfecção. Porém, os ovos podem ser removidos através de processos de tratamento de esgoto, tais como sedimentação, filtração ou lagoas de estabilização.

- **Algas:** As algas não interferem diretamente nas unidades convencionais de tratamento, salvo nas lagoas de estabilização, onde desempenham um papel importante na oxidação aeróbia e redução fotossintética das lagoas (JORDÃO e PESSOA, 1995). A reprodução de algas em corpo de água é estimulada com o lançamento de efluentes de estações de tratamento de

esgoto ricos em nutrientes podendo provocar a eutrofização do corpo receptor, correspondente ao aumento de nutrientes na água e conseqüentemente, ao excesso de algas, podendo ocorrer a liberação de cianotoxinas, substâncias tóxicas à saúde humana. O aumento da eutrofização destes sistemas pelo enriquecimento de nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo, leva à proliferação e predominância de grupos de algas como o das cianobactérias, com graves conseqüências para a saúde humana e ambiental, além da elevação de custos no tratamento de águas destinadas ao abastecimento, devido à necessidade da remoção de material particulado, gosto e odores indesejáveis.

A Tabela 2.1 destaca as principais doenças causadas por microrganismos presente em esgotos sem tratamento.

Tabela 2.1 - Doenças causadas pelos patógenos presentes nos esgotos sem tratamento

Organismo Patogênico	Doença	
Shigella (4 spp)	Shigelose (disenteria bacilar)	Bactérias
Salmonella typhi	Febre tifoide	
Salmonella (1700 serotipos)	Salmonelose	
Vibrio cholerae	Colera	
Escherichia coli (enteropatogenica)	Gastroenterite	
Yersinia enterocolitica	Yersiniose	
Leptospira (spp)	Leptospirose	
Legionella	Doença do legionario	
Campylobacter jejune	Gastroenterite	
Endamoeba histolytica	Amebíase (disenteria amebiana)	Protozoários
Giardia Lamblia	Giardiase	
Balantidium coli	Balantisiase (disenteria)	
Cryptosporidium	Cryptosporidiase, diarreia, febre	
Ascaris lumbricoides	Ascariase	Helmintos
Ancylostoma duodenale	Ancilostomiase	
Necatur americanus	Necatoríase	
Ancylostoma (spp)	Larva migrans cutanea (“bicho geografico”)	
Strongiloides stercoralis	Strongiloidíase	
Trichuris trichura	Tricuriase	
Taenia (spp)	Teniase	
Enterobius vermicularis	Enterobiase	
Echinococcus granulosus	Hydatidose	Vírus
Enterovirus (72 tipos-polio, echo, coxsackie, novos enterovirus)	Gastroenterite, anomalias cardíacas, meningite, outras doenças	
Vírus da Hepatite A	Hepatite infecciosa	
Adenovirus (47 tipos)	Doenças respiratorias, infecções de olhos	
Rotavirus (4 tipos)	Gastroenterite	
Parvovirus (3 tipos)	Gastroenterite	
Agente Norwalk	Diarréia, vômito, febre	
Astrovirus (5 tipos)	Gastroenterite	
Calicivirus (2 tipos)	Gastroenterite	
Coronavirus	Gastroenterite	

Fonte: modificado de Tchobanoglous (2003); EPA (2004).

As diversas doenças causadas por água contaminada, sobretudo por despejos de esgotos domésticos merecem atenção adequada. O tratamento de efluentes sanitários tanto para despejos em corpos hídricos quanto para fins de reuso dever ser planejado e monitorado para atender as normas vigentes e assegurar a saúde da sociedade e do meio.

2.4 Tratamento e Composição Geral do Efluente Sanitário

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2008), no Brasil, dos municípios atendidos pela rede coletora de esgoto representado por 3.069, apenas 1.587 municípios possuem algum tipo de tratamento de esgoto. De acordo com o diagnóstico dos serviços de água e esgotos (2008) disposto pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), os índices médios nacionais de atendimento da população total (urbana + rural) foram de: 81,2% para o abastecimento de água e de 43,2% para a coleta de esgotos, conforme apresentado na Tabela 2.2. Em especial destaca-se o valor percentual médio nacional para o tratamento dos esgotos gerados, índice de 34,6%. Este valor é ainda menor quando comparado ao levantamento do IBGE (2008).

Tabela 2.2 – Índices médios nacionais de atendimento da população total para abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto

	Índice de Atendimento (%)				Índice de tratamento dos esgotos sanitários
Regiões	Água		Coleta de esgotos		
	Total	Urbano	Total	Urbano	
Norte	57,6	72,0	5,6	7,0	11,2
Nordeste	68,0	89,4	18,9	25,6	34,5
Sudeste	90,3	97,6	66,6	72,1	36,1
Sul	86,7	98,2	32,4	38,3	31,1
Centro-oeste	89,5	95,6	44,8	49,5	41,6
Brasil	81,2	94,7	43,2	50,6	34,6

Fonte: SNIS (2008).

O baixo índice de tratamento de esgotos aliado às precárias condições de saneamento ambiental em vários municípios brasileiros e países de terceiro mundo traz situações de risco. A Figura 2.2 ilustra parte desta situação: uma mistura de erros e descasos pagos com a saúde da população e do meio. De um lado, como ilustrado pela Figura 2.2 (a), uma solução sem sucesso, a coleta de esgoto é realizada, porém, não há tratamento e os despejos vão para os corpos hídricos, reduzindo a qualidade e tornando as águas impróprias para determinados usos; de outro, Figura 2.2 (b) a falta de rede de coleta de esgoto e o fácil acesso da população à contaminação.



a) despejo direto de esgoto



b) Esgoto a “céu aberto”

Figura 2.2 - Foco de contaminação e deposição inadequada de resíduos sólidos

Fonte: www.agua.bio.br/botao_e_U.htm; http://cidadeparalela.files.wordpress.com/2008/11/favela_bairro_2559_11437504372.jpg (acesso em 03 de novembro de 2011).

A necessidade de investimentos em saneamento básico e em novas tecnologias, sobretudo em coleta e tratamento de esgotos não apenas para sanar problemas sanitários e de saúde, mas também para minimizar a escassez de água de qualidade mediante alternativas de tratamento efetivas e de reuso para o esgoto, torna-se cada vez mais emergencial.

Von Sperling e Oliveira (2005) em estudo sobre a avaliação de 166 ETE's no Brasil puderam observar que os esgotos afluentes apresentaram uma concentração média mais elevada do que usualmente expresso na literatura e relatam que uma das grandes causas pode ser a contribuição de despejos industriais. Na Tabela 2.3 encontram-se os dados obtidos pelos autores.

Tabela 2.3 - Comparação entre concentrações afluentes usuais e concentrações médias reais dos constituintes.

Constituinte	Concentrações usuais reportadas na literatura (1)		Concentrações médias observadas		% de ETE's fora da faixa usual
	Faixa	Típica	Faixa ⁽²⁾	Típica	
1-DBO (mg/L)	200 - 500	350	284 – 804	527	51
2-DQO (mg/L)	400 - 800	700	505 – 1616	1113	86
3-SST (mg/L)	200 - 450	400	202 – 527	435	42
4-NT ⁽³⁾ (mg/L)	35 - 70	50	39 – 84	66	44
5-PT (mg/L)	4 - 15	7	2 - 14	8	25
6-CF (org/100mL)	10 ⁶ - 10 ⁹	-	1,3 x 10 ⁷ – 1,8 x 10 ⁸	9,4 x 10 ⁷	1

1 - Adaptado de Von Sperling (2005)

2 - Foram utilizados os percentis 10% (valor mínimo) e 90% (valor máximo) para a composição das faixas reais

3 - Foram utilizados valores de NTK e NT

1- Demanda Bioquímica de Oxigênio; 2- Demanda Química de Oxigênio; 3- Sólidos Suspensos Totais; 4- Nitrogênio Total; 5- Fósforo Total; 6- Coliformes Fecais.

Fonte: Von Sperling e Oliveira (2005).

A classificação dos esgotos, ou seja, dos despejos provenientes das diversas modalidades do uso e da origem das águas, se divide em dois grupos: os esgotos sanitários adjuntos a uma parcela de águas pluviais, águas de infiltração e, eventualmente uma outra parcela de despejos industriais.

Segundo Von Sperling (1996); Araújo (2003) e Nuvolari (2003), o esgoto sanitário doméstico contém aproximadamente 99,9 % de água e o restante é proveniente de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos. Devido a estes 0,1 %, torna-se necessário o tratamento do esgoto.

As características e componentes do esgoto classificam-se em três grupos: físicas, químicas e biológicas, de acordo com a Tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Características e componentes do esgoto sanitário

Características	Componentes
Características físicas	Cor, turbidez, temperatura, odor e matéria sólida total;
Características Químicas	Substâncias Orgânicas: proteínas, carboidratos, lipídios e uréia; Substâncias inorgânicas: areia e minerais dissolvidos; O.D., Amônia, Nitrato, Nitrito, Amônia e Fósforo;
Características Biológicas	Bactérias, algas, protozoários, helmintos e vírus.

Fonte: Von Sperling (1996); Araújo (2003); Nuvolari (2003).

A temperatura nos esgotos, a exceção dos meses mais quentes do verão, situa-se na faixa de 20 a 25 °C (VON SPERLING, 1996). Dentre os principais efeitos da temperatura incluem-se as alterações na velocidade do metabolismo das bactérias, no equilíbrio iônico e na solubilidade dos substratos, principalmente dos lipídios (CORAUCCI FILHO *et al.*, 1999), uma vez que a velocidade de decomposição dos esgotos aumenta com a temperatura. A faixa ideal para a atividade biológica 25 a 35°C.

O teor de matéria sólida é o de maior importância em termos de dimensionamento e controle de operações das unidades de tratamento. A remoção da matéria sólida é “fonte” de uma série de operações unitárias de tratamento, ainda que represente apenas cerca de 0,1% dos esgotos (JORDÃO, 1995).

Os grupos de substâncias orgânicas nos esgotos são constituídos principalmente por compostos de proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 50%), lipídios (10%) e uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas (JORDÃO, 1995).

Os principais grupos de microorganismos que devem ser analisados como importantes para os processos de tratamento, são os utilizados nos processos biológicos, os indicadores de poluição e especialmente os patógenos.

O emprego dos processos de tratamento para águas residuárias, reverenciando o efluente sanitário, requer a combinação de aspectos como: característica do efluente, qualidade requerida do efluente e área física disponível.

De acordo com Von Sperling (1996), os métodos de tratamento recebem a seguinte classificação:

- Tratamento preliminar: compreende as atividades destinadas à remoção de sólidos grosseiros, areias, graxas e óleos. Nesta classe estão situados tanques de retenção, grades e caixas de areia.
- Tratamento primário: compreende as atividades de decantação, flotação e digestão de sólidos. Nesta classe situam-se decantadores primários, tanques de flotação e digestores primários do lodo. operações físicas: métodos de tratamento no qual predomina a aplicação de forças físicas como gradeamento, mistura, floculação, sedimentação, flotação.
- Tratamento secundário: processos biológicos unitários: métodos de tratamento nos quais a remoção de contaminantes ocorre por meio de atividade biológica para remoção da matéria orgânica carbonácea, desnitrificação e remoção de fósforo.
- Tratamento terciário: processos químicos unitários: métodos de tratamento nos quais a remoção ou conversão de contaminantes ocorre pela adição de produtos químicos ou devido a reações químicas como precipitação, adsorção e oxidação química.

Alguns processos principais de tratamento de efluentes são citados na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Principais processos de tratamento de efluentes

Processos	
Mecânico	Tela, peneira, raspador;
Biológico	Anaeróbio, aeróbio, lodo ativado e filtro rotativo;
Físico	Flotação, precipitação, sedimentação, coagulação, floculação, adsorção;
Térmico	Incineração, evaporação;
Químico	Neutralização, troca iônica, desinfecção e oxidação

Fonte: Adaptado de Oppenlander (2003) e Arioldi (2007).

De acordo com Mancuso e Santos (2003), a filtração é um processo-chave na produção de efluente de alta qualidade, combinando mecanismos físicos e químicos de remoção de sólidos, como ao sistema de decantação utilizado neste estudo. Normalmente utiliza-se a filtração e derivados como a microfiltração, como uma etapa final imediatamente antes da desinfecção e da disposição final ou reuso. Através de um meio poroso a filtração consiste basicamente, na remoção de impurezas, portanto, um processo de separação sólido – líquido.

2.4.1 Decantação

É um processo de separação de sólido-líquido que tem como força propulsora a ação da gravidade (FERREIRA FILHO, 2008). É também uma das etapas de clarificação do fluido devendo ser aplicada conforme as características de cada efluente e do processo de tratamento.

O mecanismo de *sedimentação ou decantação* ocorre devido à força da gravidade e a respectiva velocidade de sedimentação da partícula, fazendo com que a partícula cruze as linhas de corrente e alcance o coletor. Neste mecanismo, a densidade da partícula e temperatura são parâmetros importantes e pode ser entendida pela visualização dos vazios como pequenas células de sedimentação ou o caminho dos poros como pequenos sedimentadores (DI BERNARDO *et al.*, 2002).

A sedimentação é utilizada principalmente na remoção de areia, material particulado nos decantadores primários, floco biológico nos tanques de aeração do lodo ativado, nos adensadores de lodo ativado e na remoção dos flocos químicos nos sistemas que utilizam coagulação e floculação (METCALF e EDDY, 1991). O mesmo autor classifica a sedimentação gravitacional como:

- Discreta: É utilizada para remover areia de esgotos sanitários. Refere-se à sedimentação de partículas em suspensão de baixa concentração de sólidos. As partículas sedimentam individualmente;
- Floculenta: Remove floco químico nos decantadores e sólidos suspensos nos decantadores primários e em parte nos secundários. Refere-se às partículas em solução relativamente diluídas que irão coalescer durante a sedimentação;
- Em zona: Refere-se à suspensão com concentração intermediária de sólidos, na qual forças interparticulares são suficientes para retardar a sedimentação das partículas da vizinhança. Ocorre nos decantadores secundários;
- Por compressão: Ocorre em camadas profundas de massa de lodo. As partículas estão em concentração elevada, formando uma estrutura que sedimentará por sua compressão devido ao peso.

Além da sedimentação gravitacional tem-se a sedimentação com alta taxa de escoamento superficial. Está última refere-se, segundo Yao (1970) e Gomes (2010), ao uso de decantadores gravitacionais com pequena profundidade e tempo de detenção inferior a 15 minutos, capaz de alcançar eficiência de remoção de sólidos igual ou superior aos decantadores convencionais e que têm tempo de detenção aproximado de duas horas.

Metcalf e Eddy (2003) complementam que as aplicações da decantação em alta taxa no tratamento de esgotos incluem: tratamento primário avançado, tratamento de vazão em tempo de chuva e esgoto combinado, tratamento de água de lavagem de filtros e tratamento de água de retorno do tratamento de lodo em ETE's. Dependendo das características do efluente e seu posterior uso ou lançamento em corpos hídricos, normalmente após a decantação emprega-se outra etapa de tratamento.

Considerando este estudo, a sedimentação ou decantação foi gravitacional com escoamento direto e não contínuo. O processo iniciou-se após ter cessado o escoamento. Posteriormente a decantação o efluente foi encaminhado à segunda etapa do tratamento: a microfiltração.

2.4.2 Microfiltração

O processo de filtração por membranas é aquele capaz de realizar a retenção física dos solutos presentes no meio líquido, além de possuir mecanismos de adsorção de materiais na superfície e no interior dos poros das membranas, bem como na torta que se forma na superfície das mesmas (VIDAL, 2006).

A membrana pode ser constituída por um polímero orgânico ou inorgânico, metal, cerâmica, camadas químicas ou mesmo líquidos e gases e a sua funcionalidade inicia-se a partir de uma força direcionada (pressão, concentração, potencial elétrico, etc) que pressiona alguns elementos da solução pela membrana que controla a taxa relativa do transporte de várias espécies (DELCOLLE, 2010). O mesmo autor complementa que a capacidade seletiva da membrana pode ser definida de várias formas dependendo do tipo de processo aplicado.

De acordo com alguns autores, as membranas de microfiltração podem ser consideradas filtros absolutos. O diâmetro dos poros varia entre 0,02 a 4 μm e a pressão que promove a separação dos contaminantes é menor que 2 bar (WAGNER, 2001). Petrus (1997) cita que a diferença entre os processos de filtração (microfiltração, ultrafiltração e osmose reversa) relaciona-se aos limites de separação e às pressões de trabalhos utilizadas. O mesmo autor faz ressalva à diferença de pressão como força motriz para o processo de microfiltração, ultrafiltração e osmose reversa.

Vickers (2005) fez a classificação das membranas mais utilizadas na área de saneamento e as descreveu de acordo com a Figura 2.3.

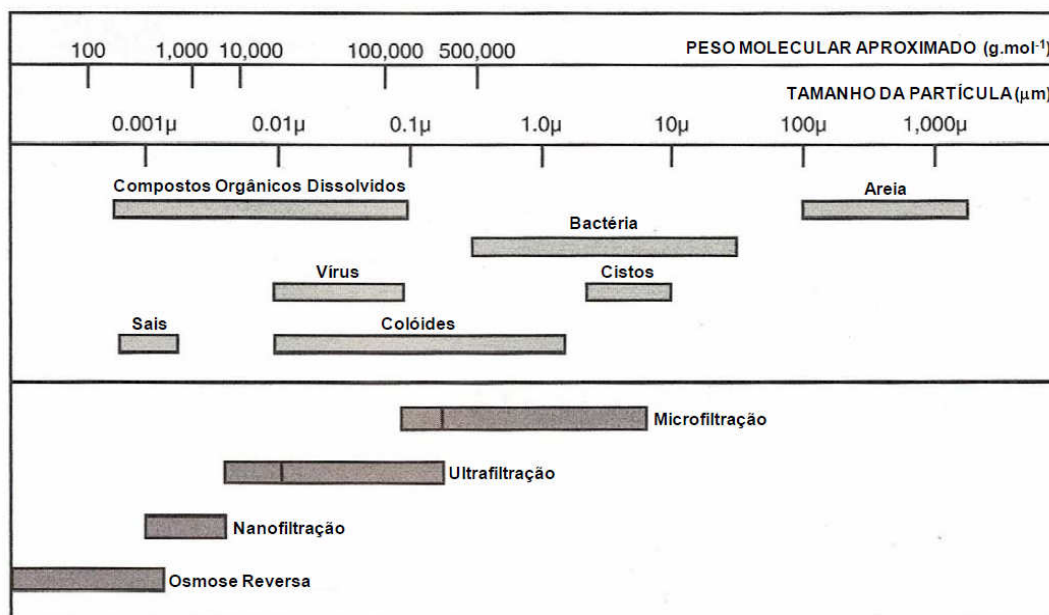


Figura 2.3 - Membranas mais utilizadas na área de saneamento

Fonte: Vickers (2005).

Os métodos de filtração utilizados nos processos de separação por membranas são: a convencional, quando um fluido escoar perpendicular à superfície da membrana (utilizado neste trabalho) e *tangencial*, quando o escoamento do fluido é paralelo à superfície da membrana e altas velocidades possibilitam o arraste dos solutos que tendem a se acumular na superfície (CHERYAN, 1998 *apud* WATANABE, 2007).

A microfiltração é um dos processos que depende de pressão hidráulica para o seu funcionamento. Na Figura 2.4 é apresentada uma relação de membranas em relação aos diâmetros dos poros.

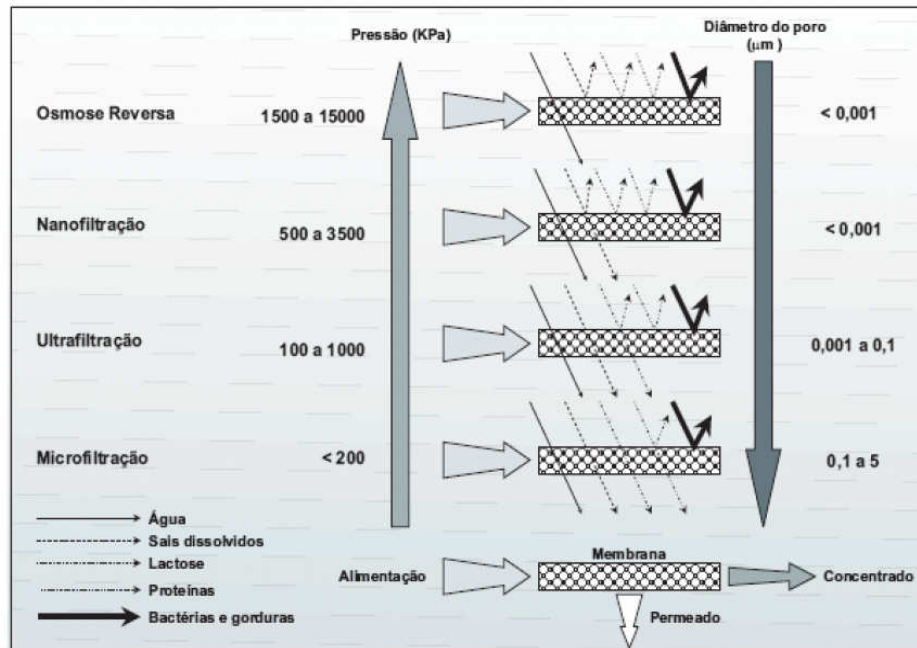


Figura 2.4- Relação das membranas em relação ao diâmetro dos poros

Fonte: Hespanhol e Mierzwa (2005).

Mierzwa (2005), *apud* Silva (2009) considera que para a microfiltração a taxa de fluxo de água situa-se na faixa de 15 a 25 (L/h/m²). Comparando-a a outros processos como a ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa, a microfiltração apresenta a menor taxa de fluxo.

Silva (2009) destaca que a microfiltração tem alta permeabilidade e vazão satisfatória com aplicação de baixa pressão, assim compostos maiores que o seu diâmetro (sólidos em suspensão, colóides e bactérias) são removidos por filtração, outros como germes e vírus, não.

Conforme Oliveira (2010); EPA (2005) e Metcalf e Eddy (2007) existem parâmetros que são importantes no projeto e análise do desempenho operacional dos processos de separação por membranas: o fluxo de água através das membranas, a recuperação, a pressão transmembrana, as vazões de alimentação do permeado e do concentrado, a rejeição e o balanço de massa de contaminantes.

Segundo Schneider e Tsutiya (2001), os principais componentes do custo de implantação e operação de um sistema de membrana durante todo o seu ciclo de vida são subdivididos em:

- 27 % em equipamentos auxiliares (bombas, sistemas de controles, etc).
- 20 % reposição de membranas.
- 17 % custo inicial das membranas.

- 16 % consumo de energia.
- 12 % construção civil (edificações para proteger as membranas da ação de intempéries).
- 5 % mão de obra.
- 3 % de produtos químicos.

Estes dados prevêem que o maior custo com a microfiltração é proveniente de equipamentos auxiliares e não da membrana em si, que dependendo de sua utilização, pode durar muitos anos.

A vida útil mecânica da membrana é de mais de 10 anos em sistemas utilizados no saneamento básico, porém, a vida útil real dependerá da pressão de operação, da qualidade da água de alimentação e do número de ciclos de filtração e retrolavagem (SILVA, 2010). O mesmo autor cita ainda que as membranas de acrilonitrila e o polipropileno, utilizada neste estudo, são sensíveis ao cloro e os fabricantes dessas membranas geralmente não recomendam a sua utilização em sistemas com águas cloradas. Neste contexto, o processo de desinfecção de efluentes com cloro e seus subprodutos, quando requisitado, pode ser utilizado numa etapa posterior ao tratamento com membranas.

Quando se trata de outros processos de desinfecção como a radiação ultravioleta, pode-se obter um efluente final com a presença de microrganismos, uma vez que alguns podem ficar aderidos a partículas sólidas e não receber a radiação. Neste contexto seria interessante a aplicação da microfiltração.

Algumas desvantagens em relação ao uso de membranas de microfiltração são: o efluente deve apresentar baixa carga de sólidos, muitas membranas estão sujeitas ao ataque químico (alteração no pH do líquido e a presença de cloro), a corrente de concentrado pode apresentar problemas para disposição final, a formação de biofilme, substâncias iônicas e gases dissolvidos não são afetados (MIERZWA e HESPANHOL, 2005 e SILVA, 2010).

Neste estudo, a aplicação do tratamento por decantação anterior à microfiltração ocorreu principalmente para retirar os sólidos ao máximo, evitando-se assim a colmatção da membrana e perda do seu potencial.

Vidal (2006) explica que o termo colmatção é usado para descrever o potencial de deposição e acúmulo de constituintes nas membranas provenientes da água de alimentação (afluentes). A retrolavagem funciona como um sistema de limpeza da membrana e é realizado no sentido oposto da filtração por ar ou água e todo material não removido pela retrolavagem necessita de limpeza química. Para a limpeza química das membranas costuma-se utilizar soluções ácidas e básicas. O processo de colmatção das membranas é ilustrado pela Figura 2.5.

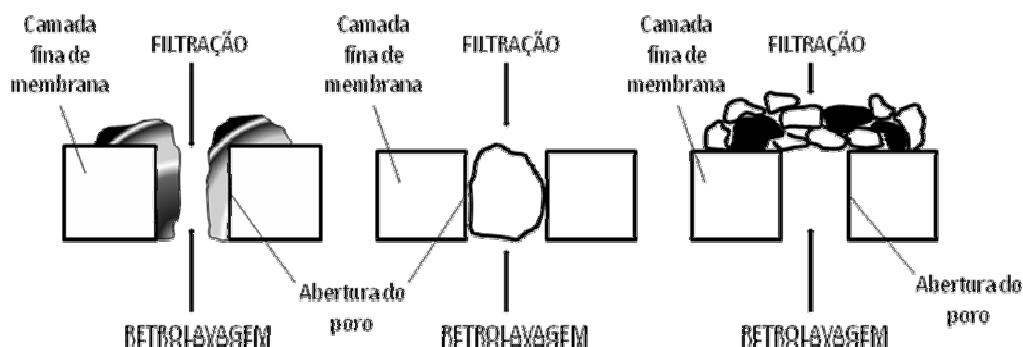


Figura 2.5 – Processo de colmatção da membrana e retrolavagem

Fonte: Metcalf e Eddy (2003).

O processo de microfiltração é relativamente simples em questões técnicas e operacionais, apresenta um baixo consumo de energia, pode ser facilmente empregada com outros tipos de tratamento e remove significativamente sólidos, partículas e microrganismo que contradizem com a questão da qualidade.

2.4.2.1 Uso de Membranas

Desde seu desenvolvimento em 1960, o processo de separação por membranas interessa para o tratamento de água e efluentes, sendo cada vez maior o número de estudos sobre o assunto (SILVA, 2009). Só nos EUA o processo de separação por membranas compreende 0,5% de toda produção de água potável no país (MICKLEY *et al.*, 2006).

Silva (2010) desenvolveu um estudo para tratar um efluente para reuso (nas torres de resfriamento, limpeza de peças e equipamentos, limpeza de piso, preparo de soluções e limpeza na ETE, nas descargas de banheiro e irrigação de áreas verdes), por processo de osmose reversa numa indústria de autopeças. Posteriormente incluiu um pré-tratamento por um sistema de microfiltração para garantir a integridade das membranas de osmose reversa e a eficiência do sistema de reuso. Obteve os seguintes resultados: o reuso de 6.212 m³/mês; a redução de 54,27% da captação de água subterrânea e a redução de 69,47% de descarte de efluente para o meio ambiente.

Em seu trabalho de mestrado, Pelegrin (2004) desenvolveu um estudo da microfiltração tangencial (prevê a circulação do líquido em alta velocidade na direção tangencial a superfície filtrante) no tratamento terciário de um efluente doméstico tratado pelo processo de lodos ativados. Relatou que a qualidade do permeado foi satisfatória

apresentando-se uma redução significativa na DQO (Demanda Química de Oxigênio), sólidos suspensos, turbidez, cor e coliformes totais e fecais. O processo de limpeza da membrana utilizado foi o CIP (*clean in place*) utilizando ácido nítrico (1%) e hidróxido de sódio (1%) recuperando-se a capacidade inicial de filtração da membrana.

Dacanal e Beal (2010) avaliaram o desempenho de filtro anaeróbio em associação à membrana de microfiltração no tratamento de lixiviado de aterro sanitário e chegaram aos seguintes resultados. A eficiência média de remoção de DQO do filtro anaeróbio associado à membrana foi de 90,4% contra 21,5% do filtro anaeróbio e a eficiência de remoção de turbidez no filtro anaeróbio associado à membrana de microfiltração foi de 90,3%, apresentando valores de saída de $2,0 \pm 2,0$ NTU.

Um estudo da avaliação da microfiltração tangencial para o tratamento avançado de efluente gerado em sistema de tratamento de esgoto sanitário constituído de reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) seguido de tanque de aeração foi realizado por Vidal (2006). Utilizou-se membranas de polipropileno e obteve-se melhores resultados para a de 0,2 quando comparada a de, concluindo que a microfiltração tangencial apresentou grande potencial para tratar o efluente.

Em Campinas/SP, a Sociedade de Abastecimento de água e Saneamento (SANASA) com a conclusão da Estação Produção de Água de Reuso (Epar), irá utilizar o sistema de tecnologias de membranas filtrantes que removem nutrientes, matéria orgânica, sólidos suspensos e patogênicos em um grau ainda maior que no tratamento secundário, produzindo uma água, com elevado grau de pureza (99,5%), compatível com a qualidade necessária da água para uso industrial (SANASA, 2010).

O processo de microfiltração por membrana é muito utilizado na indústria de alimentos. Diversos trabalhos (WATANABE, 2007; ONGARATTO, 2009; CARVALHO e SILVA, 2010; LIRA *et al.*, 2009; DEL COLLE *et al.*, 2009) empregaram a utilização de membranas em seus processos de produção alimentícia, como por exemplo o de Bombanati (2009) que abordou a aplicação da microfiltração em polpa de caju. Os resultados demonstram que é possível empregar esta tecnologia, obtendo um suco clarificado com teores satisfatórios de flavonóis e vitamina C.

A fim de atender os padrões para reuso de efluentes sanitários e, visto os microrganismos e elementos que podem inviabilizar o reuso, o processo de microfiltração se torna uma alternativa valiosa.

2.5 Reuso da Água

Cidades, lavouras e indústrias já se utilizam a muitos anos, de uma forma indireta, ou pelo menos não planejada de reuso, que resulta da utilização de águas, por usuários a jusante que captam águas que já foram utilizadas e devolvidas aos rios pelos usuários à montante, milhões de pessoas no mundo são abastecidas por esta forma (FRANCO, 2007).

O reuso potável pode ser direto e indireto, onde este último subdivide-se em recargas de aquíferos e aumento de fontes superficiais e o não potável pode ser subdividido em reuso urbano, agrícola, recreacional, no meio ambiente, industrial, recarga de aquíferos e em aquíicultura (EPA, 2004).

Bouwer (2000) cita que o reuso da água tem adquirido importância crescente principalmente em razão de:

- a disposição de efluentes de esgoto nas águas de superfície tem se tornado continuamente mais custosa e limitada, visto as exigências cada vez maiores quanto os padrões de qualidade de efluente para proteção da qualidade dos corpos receptores.
- as águas residuárias geralmente são um recurso valioso que pode ser usado em inúmeros propósitos, tais como irrigação de cultivos, irrigação urbana, usos industriais (resfriamento e processamento), melhorias ambientais (pântanos, refúgios de vida selvagem, habitats ripários, lagos urbanos), combate ao fogo, controle de poeira, descargas de banheiro.

Os benefícios inerentes à utilização de água recuperada para outros usos, ao contrário de disposição ou descarga, incluem preservação de fontes de qualidade elevada, proteção ambiental e benefícios econômicos e sociais (ASANO *et al.*, 2007).

Maron (2006) apud Pohlmann (2010) comenta que o reuso de água constitui uma importante ferramenta de gestão, no entanto, representa um desafio atual e futuro por envolver a convergência de várias áreas tais como o governo, sociedade (risco a saúde) e órgãos ambientais (regulamentações).

De acordo com Pohlmann (2010) existem iniciativas isoladas em estados e municípios, como por exemplo, da prefeitura de São Paulo, mediante a Lei 13.309/02 que dispõe sobre reuso de água não potável e seus decretos correlatos; nº 44.128/03 regulamentando a utilização pela prefeitura de água não reuso não potável e nº 47731/06 que em seu Art. 3º remete ao anterior para uso em lavagem de ruas, praças, passeios públicos e irrigação de jardins, praças, campos esportivos, etc., com água de reuso proveniente de ETE (POHLMANN, 2010).

As possíveis aplicações de reuso dependem de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, interesse institucional, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 2002). Na Figura 2.6 pode-se ver dois tipos básicos de usos potenciais de esgotos tratados, doméstico e industrial, que podem ser implementados tanto em áreas urbanas como em áreas rurais.

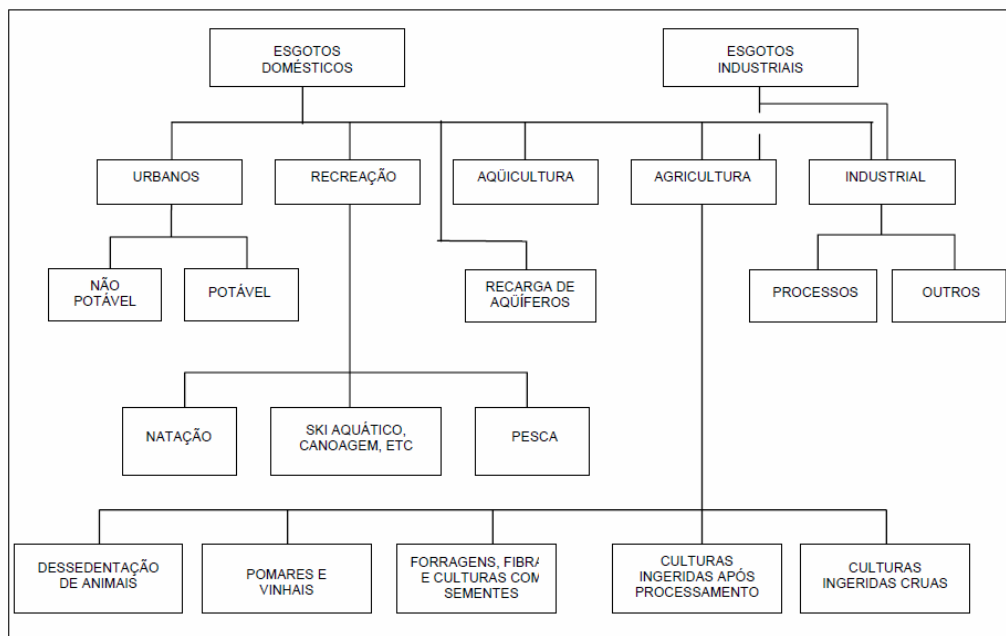


Figura 2.6 – Potenciais para reuso de esgoto doméstico e industrial

Fonte: Hespanhol (2002).

Além do reuso para a irrigação, a ser visto no próximo item, muitos países como solução para a escassez da água e otimização de seus processos vêm tornando real a prática do reuso não potável em outras aplicações. De acordo com Crook; Okun e Pincince (1994); Okun (1990); Sousa (2008) e Zhang (2007), os EUA, Japão, China, Singapura, Coréia, Alemanha, Austrália, Brasil, dentre outros estão fazendo as seguintes aplicações de água de reuso para:

- Irrigação de jardins, áreas verdes, pastos, campos de tênis e golfe, fins ornamentais;
- Resfriamento de ar condicionado comercial e usina de energia, combate a incêndio, aumento da vazão água de resfriamento, construção civil;
- Limpeza pública, lavagem de veículos, descarga em vasos sanitários, no derretimento de neve quando misturada ao sal;
- Atividades gerais em indústrias, comércios e outros usos não potáveis.

Em Portugal, diante das crescentes necessidades de recursos hídricos, os agricultores chegaram a prefurar tubulações das redes de drenagem urbanas para desviar as águas residuárias para as suas propriedades (NIKAIDO, 2009).

Segundo Hespanhol (2008), para universalizar a prática de reuso no Brasil e, efetivamente, implementar o “novo paradigma”, deve-se: (i) desenvolver um arcabouço legal para regulamentar, orientar e promover a prática do reuso de água, incluindo normas, padrões de qualidade de água, códigos de práticas e atribuições institucionais para as diferentes formas de reuso urbano, agrícola, na aquíicultura, na recarga gerenciada de aquíferos e na recreação; e (ii) estimular o reuso de água pela conscientização dos valores e benefícios da prática, pela criação de programas de pesquisas e desenvolvimento, pela implementação de programas e projetos de demonstração, pela introdução de linhas de créditos específicos e pelo estabelecimento de critérios para subsidiar projetos de reuso.

A Sociedade de Abastecimento de água e Saneamento (SANASA) de Campinas/SP irá comercializar a partir de 2011, cerca de setecentos líquidos de água de reuso por segundo, resultante do tratamento de esgotos para a finalidade de resfriamento de equipamentos em indústrias. Dos quatro mil litros captados nos rios por segundo para o abastecimento da cidade, quarenta litros por segundo são destinados à indústria. De acordo com estudos realizados pela SANASA (2010), Campinas é o grande poluidor da bacia do Rio Capivari, sendo responsável por 63% da carga orgânica remanescente.

O reuso reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por água de qualidade inferior; tal substituição é possível em função da qualidade requerida para o atendimento das finalidades que podem prescindir desse recurso dentro dos padrões de potabilidade (MORELLI, 2005).

2.5.1 Reuso de Efluente Sanitário na Agricultura

Reconhecidamente, a agricultura é a atividade humana que mais consome água, em média 70% de todo o volume captado, destacando-se a irrigação como atividade de maior demanda (CHRISTOFIDIS, 2001; FAO, 2002; GEO, 2003; VICKERS, 2004 e TOMAZINI, 2009). A irrigação responde por 80% das derivações de água no mundo e superando os 60% no Brasil (FAGANELLO, 2007). É imprescindível que essa água seja de boa qualidade, pois além de estar em contato com alimentos, fluirá pelo solo, lençol freático e corpo receptor, retornando ao ciclo hidrológico.

A utilização controlada de esgotos sanitários apresenta diversas vantagens, dentre as quais: constitui uma prática de reciclagem de água; prática de reciclagem de nutrientes proporcionando uma economia de insumos (fertilizantes); minimiza o lançamento de esgotos em cursos de águas naturais, prevenindo assim a poluição a contaminação e a eutrofização; favorece a conservação do solo e a recuperação de áreas degradadas (BASTOS *et al.*, 2003).

Hussain *et al.* (2001) estimam que pelo menos 20 milhões de ha em 50 países praticam a irrigação com esgoto bruto ou parcialmente tratado. Em Israel, o índice de reciclagem de esgoto aplicado na irrigação atinge aproximadamente 75% (ARLOSOROFF, 2002 *apud* WHO, 2006).

Silva (2008) cita a utilização de águas residuárias em irrigação agrícola por países como a China (1958), México (1886), Austrália (1887), Alemanha (1531) e os EUA (1920) desde tempos remotos. Em Israel, por exemplo, em 1953 foram elaborados os primeiros critérios para o reuso de água de esgoto e a reciclagem de efluentes (TAL, 2006).

Asano (1992) cita que as principais restrições e preocupações em relação ao potencial reuso de água para a agricultura, sobretudo a irrigação de culturas, relacionam-se aos efeitos de sais em solos e plantações, com a saúde pública, a poluição de águas superficiais e de aquíferos, a aceitabilidade de colheitas e saúde pública.

De acordo com Sousa *et al.* (2006), visto o seu trabalho de reuso de águas residuárias pós-tratadas (por USAB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket e lagoas de polimento) para a irrigação de uma cultura de pimentão, na Universidade Federal da Paraíba - UFPB pôde constatar que o valor fertilizante dos nutrientes em águas residuárias é, de modo geral, considerado benéfico, principalmente por substituir a fertilidade natural do solo e/ou a aplicação de adubos, quando estes são insuficientes para manter as necessidades nutricionais das plantas, por muito tempo.

Em outro trabalho proposto por Hussain *et al.* (2005), avaliou-se o efeito do uso do efluente sanitário tratado por reator anaeróbio compartimentado na irrigação da beterraba e constatou-se principalmente que o uso de água residuária sem qualquer tipo de adubação, foi estatisticamente igual ao resultado obtido quando foi utilizada a adubação convencional, evidenciando assim a importância do referido efluente para a agricultura e, ainda, quanto mais enriquecido nutricionalmente for o efluente e se ele estiver mineralizado, provavelmente maior será o seu aproveitamento pelas plantas;

Estudos feitos pela Companhia de Saneamento Básico do Estado do Paraná (SANEPAR, 2007) apontaram ganhos de produtividade de até 300% para o milho mediante a irrigação com efluente sanitário tratado.

Lima (2005) justifica a escolha do feijão caupi, objeto de pesquisa de sua dissertação de mestrado, irrigado (subsúperficial) por efluente sanitário, mediante os seguintes aspectos: é uma cultura de subsistência que faz parte do hábito alimentar da população brasileira, principalmente nas regiões Norte e Nordeste; a tolerância à salinidade; é fonte de nutrientes e fibra alimentar; fácil plantio e desenvolvimento da cultura; ciclo de vida relativamente curto; os frutos não crescem rentes ao solo, o que minimiza as possibilidades de contaminação dos grãos e não são consumidos crus.

Santos *et al.* (2009) avaliaram por meio de técnicas química e espectroscópica, o processo de humificação na matéria orgânica dos solos irrigados com efluente de esgoto tratado em experimentos de campo. Os resultados obtidos mostraram variações no teor de carbono e no grau de humificação, para os solos irrigados com efluente de esgoto tratado, decorrentes do aumento da atividade de decomposição da matéria orgânica, estimulada pelo aumento da quantidade de água no solo.

Estudos realizados por Souza *et al.*, (2010) avaliaram os aspectos produtivos da cultura da mamona irrigada (microaspersão) com esgoto doméstico tratado comparando-o a outras amostras - T1: água do poço e adubação recomendada; T2: esgoto doméstico tratado e adubação recomendada; T3: somente esgoto doméstico tratado e T4: esgoto doméstico tratado e metade da adubação recomendada. Verificaram que as unidades irrigadas com esgoto tratado superaram as irrigadas com água, em quase todas as variáveis analisadas. A produtividade foi maior nos tratamentos irrigados com esgoto e adubação (T2) e (T4).

Em sua dissertação de mestrado, Faustino (2007) avaliou os impactos da tecnologia (Fossa Séptica Biodigestora) em três sistemas instalados em propriedades localizadas na região de São Carlos (SP) com a proposta de conhecer as características do efluente produzido, bem como o impacto da sua aplicação no solo. Nesse trabalho conclui-se que a adição do efluente no solo após três anos de aplicação provocou significativas alterações na parte húmica da matéria orgânica do solo. “As técnicas químicas e espectroscópicas mostraram que o benefício proporcionado pela adição de efluente ao solo, mesmo em um experimento de curta duração, pode ser significativo”.

Mota (2000), em estudo realizado na Universidade Federal do Ceará, analisou culturas (algodão e sorgo) irrigadas com efluente sanitário e água de abastecimento convencional. Constatou-se que para as duas culturas a produtividade em irrigação com esgoto foi superior em quase todos os parâmetros (altura, produção de grãos, peso das sementes, florescimento e outros). Concluindo então que a utilização do esgoto tratado em

irrigação, além de ser uma alternativa para a escassez de água, resulta em melhorias das culturas e reduz as despesas com fertilizantes.

Marecos do Monte e Mara (1987) *apud* Bellingieri (2005) compararam a irrigação convencional com a irrigação de esgoto sanitário para a produção de sorgo, milho e girassol. A produtividade com a aplicação de esgoto foi superior em todos os casos.

O Instituto Nacional de Pesquisas e Engenharia Ambiental analisou os efeitos da irrigação com esgotos, em Nagpur – Índia, referência na Tabela 2.6, sobre as culturas de batata, algodão, arroz, feijão e trigo, quantificando o aumento da produtividade.

Tabela 2.6 - Aumento da produtividade (ton/ha/ano) possibilitada pela irrigação com esgotos domésticos

Irrigação efetuada com	Trigo 8 anos(A)	Feijão 5 anos(A)	Arroz 7 anos(A)	Batata 4 anos(A)	Algodão 3 anos(A)
1Esgoto bruto	3,34	0,9	2,97	23,11	2,56
2Efluente primário	3,45	0,87	2,94	20,78	2,3
3Efluente de lagoa	3,45	0,78	2,98	22,31	2,41
4Água + NPK	2,7	0,72	2,03	17,16	1,7

(a) número de anos utilizados para cálculo da produtividade média.

Fonte: Shende (1985); *apud* Hespanhol (2001).

Nota-se, mediante a Tabela 2.6 que das cinco culturas estudadas (trigo, feijão, arroz, batata e algodão) três apresentaram maior produtividade (ton/ha/ano) quando considerada a irrigação com esgoto bruto. Tal fato pode-se ser discutido analisando o processo de tratamento responsável pela geração das outras águas em questão e, da diminuição da matéria orgânica (nutrientes).

2.5.2 Considerações sobre o reuso

A prática do reuso da água ainda encontra barreiras para ser amplamente desmistificado. Dentre essas destaca-se a falta de uma legislação direta e completa para o reuso no Brasil, a aceitação da população e a dificuldade em atingir os parâmetros químico-físicos e microbiológicos existentes, de acordo com os recursos disponíveis.

Atualmente no Brasil, o único diploma legal que trata especificamente do reuso é a Resolução Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (art. 2º, II) nº. 54 de 2005, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água (SANTOS, 2009).

Para efeito de reuso direto e fim não potável, a PNRH nº54, 2005 abrange as seguintes modalidades:

- Reuso para fins urbanos – utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- Reuso para fins agrícolas e florestais – aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- Reuso para fins ambientais – utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- Reuso para fins industriais – utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais; e
- Reuso na aquicultura – utilização de água de reuso para criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

A Resolução PNRH nº 54, não traz diretrizes, critérios e parâmetros específicos para o reuso. Desta forma faz-se necessário um estudo criterioso de outras normas como a OMS, 1989 e a Resolução Conama 357/05 para tornar, dentro do atendimento de todos os parâmetros, praticável o reuso de águas.

A Organização Mundial da Saúde estabeleceu, em 1989, parâmetros de qualidade microbiológica para reuso de efluentes tratados de acordo com a atividade agrícola. A Tabela 2.7 apresenta algumas recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS) relativas à qualidade microbiológica para uso agrícola de efluentes de Estações de Tratamento de Esgotos.

Tabela 2.7 - Recomendação da Organização Mundial de Saúde (OMS) para o reuso de efluentes sanitários

Categoria	Condições de reuso	Grupo exposto	Ovos de Helmintos (média aritmética)	Coliformes Fecais (média geométrica)
A	Irrigação de culturas ingeridas cruas, campos de esporte e parques c.	Trabalhadores consumidores públicos	≤ 1	≤ 1000
B	Irrigação de culturas ingeridas cozidas (cereais para as indústrias, pastos, árvores frutíferas (d), etc.	Trabalhadores	≤ 1	Não se recomenda
Categoria	Condições de reuso	Grupo exposto	Ovos de Helmintos (média aritmética)	Coliformes Fecais (média geométrica)
C	Irrigação de culturas ingeridas cozidas (cereais para as indústrias, pastos, árvores frutíferas (d), etc. Caso não haja a exposição de trabalhadores e público.	Nenhum	Não se aplica	Não se aplica

Fonte: OMS (1989).

Os padrões contidos na Resolução Conama 357/05 apresentados na Tabela 2.8 são condizentes a lançamentos em rios de água doce, classe 2. A ênfase aos padrões para classe 2 refere-se ao fato da indicação para irrigação às culturas não consumidas crua e não rastejantes, foco de estudo deste trabalho.

Tabela 2.8 – Parâmetros da Resolução Conama 357/05 para rios classe 2

Parâmetros/Unidade	Limite	Parâmetros/Unidade	Limite
Cor (UPT)	75,0	Cianeto (mg/L)	0,005
Sólidos T. Dissolvidos (mg/L)	500	Cloreto (mg/L)	250
Turbidez (NTU)	100	Flúor (mg/L)	1,4
Alumínio Dissolvido (mg/L)	0,1	Fósforo total (mg/L)	0,025
Arsênio total (mg/L)	0,01	Nitrogênio amoniacal (mg/L)	3,7
Bário total (mg/L)	0,7	Nitrato (mg/L)	10,0
Cádmio total (mg/L)	0,001	Nitrito (mg/L)	1,0
Chumbo total (mg/L)	0,01	Oxigênio dissolvido(mg/L)	>=5,0
Cobre dissolvido (mg/L)	0,009	pH	6-9,0
Cromo total (mg/L)	0,05	Sulfato (mg/L)	250
Ferro dissolvido (mg/L)	0,3	Sulfeto (mg/L)	0,02
Manganês total (mg/L)	0,1	Demanda Bioq. Oxigênio(mg/L)	5,0
Níquel total (mg/L)	0,025	Óleos e graxas (mg/L)	Ausente
Zinco total (mg/L)	0,18	Coliformes termotolerantes	1000

Fonte: CONAMA 357 (2005).

Nos Estados Unidos da América, os critérios de uso de efluentes domésticos variam conforme o estado, porém, em países onde as leis são mais restritivas o limite de coliformes totais permitido por 100 mL de esgoto doméstico é de 2,2 organismos após tratamento físico-químico e desinfecção (TONON, 2007).

Outra questão a ser analisada com afinco é o tempo de permanência de microrganismos patogênicos no solo e nas plantas. Esse pode, a curto prazo, inviabilizar uma série de pesquisas por comprovar o risco de contaminação.

Conforme Sousa *et al.* (2006), organismos patogênicos presentes nos esgotos não penetram no tecido vegetal, a não ser que a planta esteja danificada, mas alguns patógenos podem ser encontrados na superfície das plantas fertirrigadas com esgotos tratados. De modo geral, sua sobrevivência depende de fatores como luz solar, temperatura e umidade relativa do ar, entre outros, sendo expostos então, a condições ambientais desfavoráveis, afirma o autor.

Paganini (2003) cita que a sobrevivência de bactérias entéricas no solo depende também da atividade autogênica de actinomicetos e fungos, os quais produzem antibióticos que as eliminam; por outro lado, a sobrevivência dessas bactérias pode ser prolongada em solos com nutrientes disponíveis. Além disso, relata que diversos pesquisadores, estudando o período de sobrevivência de microrganismos em hortaliças, constataram que *E. coli* e *Salmonella* spp sobrevivem até dez dias, após a última irrigação.

Em estudo sobre o reuso de efluentes para a irrigação de uma cultura de pimentão, Sousa *et. al.* (2006) destacou que os coliformes termotolerantes e *E. coli* presentes no efluente e no solo, contaminaram os frutos do pimentão irrigado, mas em níveis aceitáveis para o consumo.

Conforme relata Fonseca *et al.* (2007) *apud* Silva (2008) a eficiência do sistema solo-planta em receber o efluente sanitário tratado depende de diversos fatores: da qualidade microbiológica e características químicas do efluente, incluindo o risco de salinidade, sodicidade, elementos traço e concentrações de nitrato (NO₃-); disponibilidade das fontes de água e condições ambientais; adequação da tecnologia de irrigação com a qualidade do efluente, assim como a topografia da área; a qualidade do efluente e a frequência da aplicação do mesmo; a concentração de nutrientes no efluente e a quantidade de fertilizante mineral aplicada; as características físicas, químicas e microbiológicas do solo, assim como sua fertilidade natural; tipo e produtividade alvo da cultura em questão; e as condições sócio-econômicas e nível tecnológico dos fazendeiros e agricultores locais.

Gloaguen (2006) complementa que em seu trabalho utilizando efluente sanitário para irrigação de culturas de milho e girassol evidenciou-se que o grau de restrição à irrigação com águas residuárias se divide em três categorias: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons específicos. A sodicidade revelou-se como aspecto que mereceu maior atenção, valores altos de sodicidade (alta adsorção de sódio) e baixos de salinidade, propiciou efeitos negativos na capacidade de infiltração do solo. O mesmo autor faz uma ressalva a respeito dos valores altos de sodicidade: quando estes estão acompanhados de valores altos de salinidade atenua-se o efeito do sódio na presença de outros sais, viabilizando a prática. Varallo (2010) acrescenta a necessidade de monitoramento da elevação do teor do íon sódio no solo irrigado com efluente doméstico tratado.

Barbosa (2007) ressalta que as normas ambientais existentes no Brasil possuem mecanismos capazes de promover o uso de água reciclada ao limitar a quantidade de água disponível para a população ou ao restringir o despejo de efluentes nos corpos d'água, seja através do seu uso racional, diminuição do consumo ou reuso de água em função da quantidade e da qualidade da água nos corpos d'água.

2.6 Sistemas de Irrigação

Os sistemas de irrigação devem contemplar a eficiência de conservação do solo e da produção de culturas agrícolas, sobretudo, econômica e ambiental. É necessário planejar a irrigação com efluentes sanitários, na tentativa de, principalmente, eliminar qualquer risco de contaminação.

Sousa *et al.* (2006), indicam que os métodos de irrigação contribuem, sobremaneira, para a contaminação dos produtos; aconselha-se, neste caso, a irrigação subsuperficial e localizada, uma vez que, mesmo havendo a possibilidade de risco de contato direto dos trabalhadores com o efluente, não haja risco a sua saúde. O método de aspersão é menos indicado, pois pode apresentar problemas de formação de aerossóis e conseqüente situação insalubre para seus operadores, embora haja uma melhor distribuição de água na cultura

Os sistemas de irrigação que promovem a distribuição de água na cultura são classificados como: sulcos de infiltração, infiltração subterrânea ou subsuperficial, inundação, aspersão e gotejamento (Souza, 2004).

Os métodos de irrigação, bem como as suas variações, são apresentados na Tabela 2.9.

Tabela 2.9 - Métodos e variações para a irrigação

Método	Descrição	Variações
Superfície	A distribuição da água se dá por gravidade através da superfície do solo.	Sulco convencional Corrugação; Faixa Inundação
Aspersão	Jatos de água são lançados ao ar por aspersores e caem sobre a cultura na forma de chuva.	Convencional Autopropelido Pivô central
Localizada	A água é, em geral, aplicada em apenas uma fração do sistema radicular das plantas, empregando-se emissores pontuais (gotejadores), lineares (tubo poroso ou "tripa") ou superficiais (microaspersores).	Gotejamento Micro aspersão
Método	Descrição	Variações
Subsuperficial	As linhas de gotejamento são enterradas no solo a profundidades que permitam que a água aplicada atinja o volume explorado pelas raízes.	Lençol freático estável Lençol freático variável

Fonte: Alterado de Bernardo (1995); Andrade e Brito (2006).

O processo de seleção de métodos de irrigação requer análise detalhada das condições apresentadas (cultura, solo, clima, aspectos ambientais e topografia), em função das

exigências de cada sistema de irrigação, de forma a permitir a identificação das melhores alternativas (ANDRADE E BRITO, 2006). Além das condições naturais apresentadas é preciso verificar a disponibilidade financeira que alguns métodos exigem e adequar o contexto ao máximo a realidade do agricultor.

Neste estudo foi utilizado um sistema de microaspersão. Escolhido pela conveniência da distribuição uniforme de água nas culturas, por se tratar do plantio em cubas de germinação ao ar livre (mantendo todas as condições naturais) e pela disponibilidade de equipamentos.

2.7 Produção de alimentos

Milhões de pessoas no mundo estão passando fome e, além disso, parte significativa de sua população carece de uma alimentação em quantidades e qualidades adequadas. Em contexto global, o Brasil é um dos países que ostenta quadros preocupantes de insegurança alimentar, propiciados pelos índices de produção e a distribuição desigual de alimentos.

"Segurança Alimentar e Nutricional significa garantir a todos o acesso a alimentos básicos de qualidade, em quantidade suficiente, de modo permanente e sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, com base em práticas alimentares saudáveis. Contribuindo, assim, para uma existência digna em um contexto de desenvolvimento integral da pessoa humana", segundo a Cúpula Mundial da Alimentação (1996).

Em 2009, a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação - FAO estimou que em torno de 1023 bilhões de pessoas estejam subnutridas em todo o mundo (Estado de Insegurança Alimentar no Mundo - SOFI, 2009). Estes dados estão cronologicamente (1969-2009) apresentados pelo gráfico da Figura 2.7.

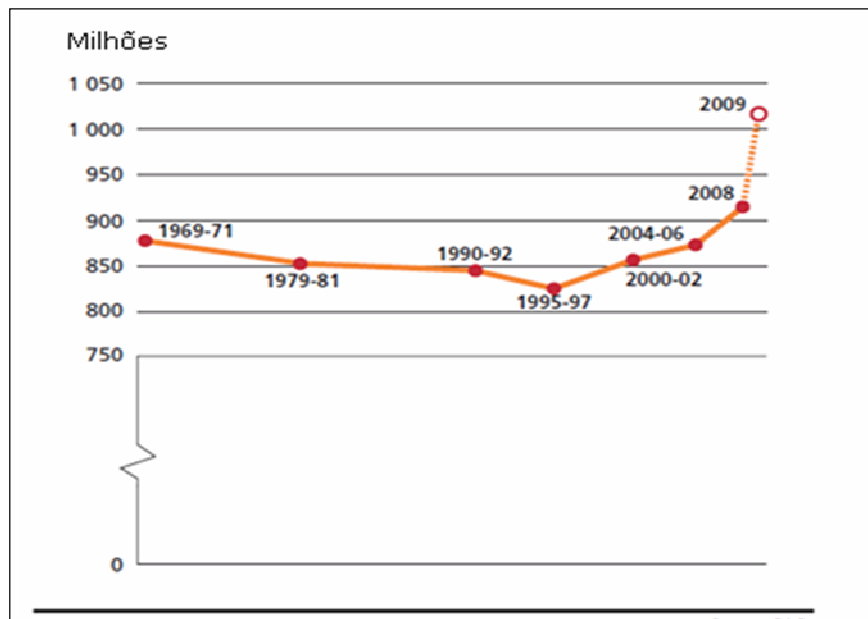


Figura 2.7 – Número de pessoas subnutridas em todo o mundo

Fonte: Relatório FAO (2009).

Um estudo produzido por Gubert *et al.* (2010) realizou estimativas de insegurança alimentar grave nos municípios brasileiros e obteve alguns dados importantes e significativos com o modelo criado, com base nos dados Pesquisa Nacional por amostra de Domicílios - PNAD (2004). Os dados indicaram que as regiões Norte e Nordeste apresentam altas taxas de insegurança alimentar grave: 46,1% e 65,3% dos municípios, respectivamente. Nas regiões Sudeste e Sul os municípios apresentam baixa exposição à insegurança alimentar grave. No Centro-oeste a maior parte dos municípios mostra estimativas de insegurança alimentar médias. A Região Sul foi a mais uniforme.

Conclui-se que o Brasil apresenta grandes variações na ocorrência da insegurança alimentar, sendo importante a reflexão e tomadas de decisão mediante as políticas públicas. Na Figura 2.8 é possível observar a representação dos dados obtidos pelos autores.

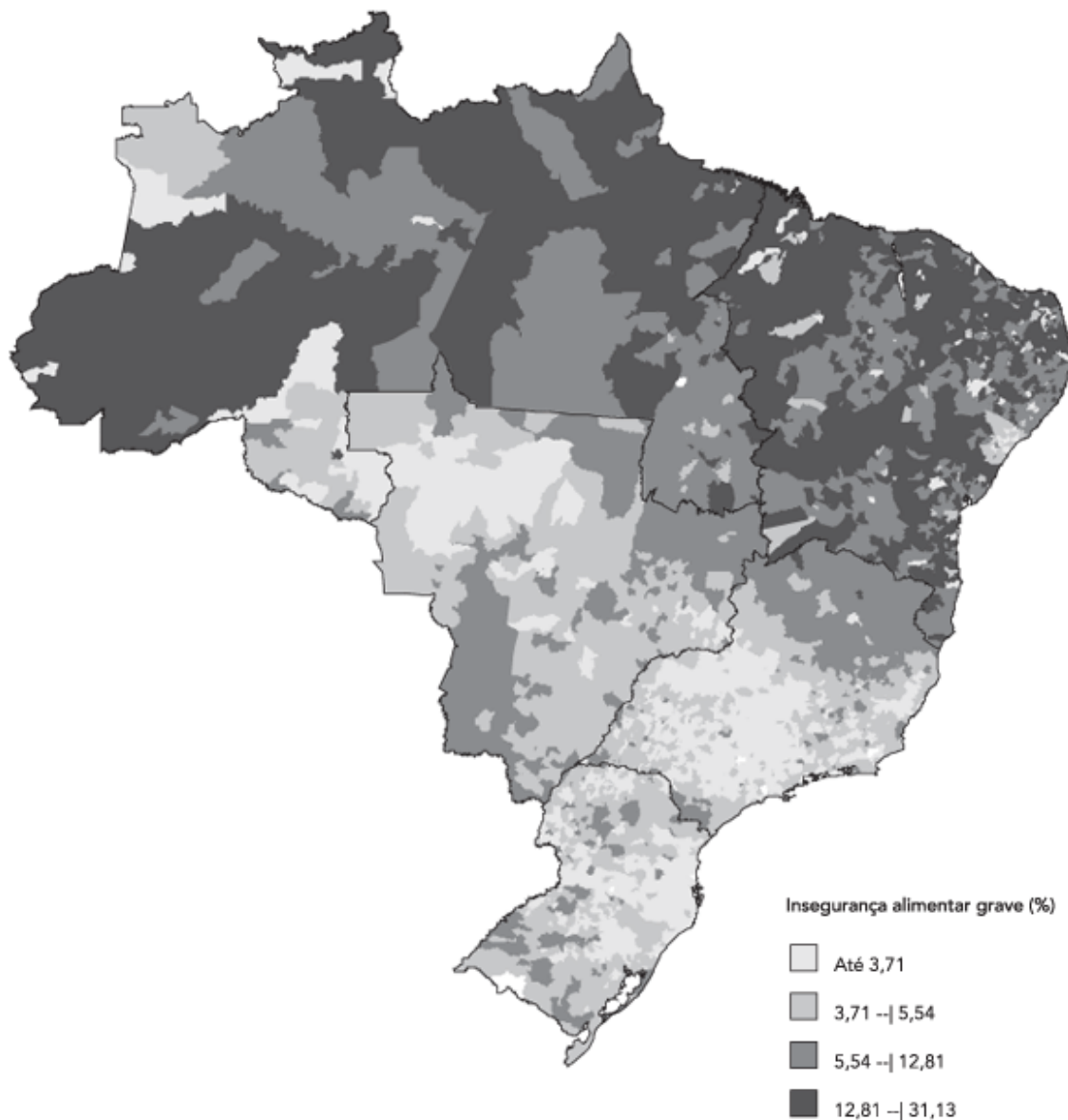


Figura 2.8 - Insegurança alimentar grave em municípios brasileiros (modelo quartis de prevalência.B)

Fonte: Gubert *et al.* (2010).

Tal fato mostra que ainda estamos longe de cumprir a meta da Cúpula Mundial, de reduzir pela metade o número de pobres até 2015. Segundo o diretor-geral da FAO, para alcançar essa meta, a taxa de redução do número de pobres deveria sair dos atuais 8 milhões de pessoas por ano para, no mínimo, 20 milhões de pessoas por ano, até 2015 (SOFI, 2000).

O método utilizado pela FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação) para estimar o contingente de subnutridos em um país baseia-se nos seguintes critérios: calcula-se, com base nos dados sobre produção, comércio e estoques de alimentos, a disponibilidade de calorias *per capita*; estima-se a necessidade calórica da população, considerando a diferença entre os diversos grupos (idade, gênero etc.); e, por fim, combinam-se esses dados com informações sobre o consumo de alimentos e a distribuição de renda. Consideram-se subnutridos aqueles que consomem menos calorias que o mínimo estabelecido, de acordo com o seu IMC – índice de massa corporal, prevendo a necessidade de calorias para que cada pessoa possa garantir o funcionamento do seu corpo, considerando o seu peso e altura (LEITE, *et al.* 2003).

A região Sul do Brasil, embora apresente uma condição socioeconômica melhor que a do nordeste, também tem indícios de insegurança alimentar. Famílias com renda acima da linha de pobreza podem apresentar insegurança alimentar, pois outras condições podem determinar o acesso ao alimento, como a inadequação entre o consumo de calorias e proteínas pela necessidade física (SANTOS *et al.* 2010).

O Relatório da FAO (2006) mostra que dos 98 países em desenvolvimento somente 6 países não têm disponibilidade de alimentos suficientes para alimentar adequadamente as suas populações. O problema nos outros 92 países não é de disponibilidade de alimentos, mas de incapacidade de acesso aos alimentos produzidos. É, portanto, uma questão de distribuição. (LEITE, *et al.* 2003). Além da questão de distribuição, conta-se com o aumento do valor dos alimentos.

Em 2006, o índice de preços alimentares da FAO subiu 9% em comparação com o ano anterior. Em dezembro de 2007, o aumento já era de 37% relativamente ao mesmo mês do ano anterior. Nos últimos três anos, segundo o Banco Mundial, o aumento foi de 83%. Até 2030 será necessário aumentar a oferta agrícola mundial em 50% e, para as carnes, em 85%. Segundo o *International Food Policy Research Institute* (IFPRI), metade do aumento dos preços atuais pode ser atribuída à elevação da renda dos países emergentes e um terço desta elevação ao desvio da produção norte-americana de milho para o etanol (VON BRAUN, 2008).

No ano de 2008, com a redução dos estoques de alimentos no mundo, fez-se com que houvesse a elevação dos preços e as exportações de alguns produtos fossem limitadas, pois a oferta não atendia a demanda. Países em desenvolvimento como a Índia foram os mais prejudicados, pois sua população não tinha condições de comprar os alimentos para o

consumo diário. Os principais fatores que desencadearam a crise de alimentos foram: o aumento da demanda, a alta do petróleo e as condições climáticas. (MARTINS, 2008)

Os principais problemas relacionados à produção e a distribuição ineficiente de alimentos de acordo com diversos estudos, como o exposto por Evans (2008), podem ser destacados como:

- a) O aumento do custo dos insumos para a modernização agrícola, como: a uréia, fertilizantes, adubos a base de potássio e nitrogenados;
- b) A escassez da água, encontrada muitas vezes em regiões desfavorecidas pelo clima, na dificuldade de captação e crescente degradação dos recursos hídricos;
- c) A disponibilidade de terras. Os dados internacionais sobre a disponibilidade de terras para ampliar a oferta agropecuária são muito incertos. (ABRAMOVAY, 2008);
- d) O aquecimento global.

Além de políticas públicas eficientes para fazer uma distribuição equitativa da produção de alimentos e a minimização das desigualdades regionais neste quesito, faz-se significativo o investimento, o estudo e a prática de medidas técnicas, de baixo custo e ambientalmente adequadas para suprir a demanda.

2.7.1 Aspectos gerais

As culturas de milho e feijão, além de serem bem aceitas para o consumo, são pertinentes ao emprego de formas alternativas (reuso) de água para a irrigação e passível da utilização de fertilizantes orgânicos. Visto que os grãos não são consumidos crus pelo homem, de acordo com o estabelecido pela legislação ambiental; o crescimento situa-se na vertical, o que diminui os riscos de contaminação e pode ser cultivado em toda época do ano, embora algumas sejam mais propícias à maior produtividade.

2.7.1.1 Cultura do Milho

Dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, com cerca de 57,481 milhões de toneladas de grãos produzidos, em uma área de aproximadamente 14,748 milhões de hectares (CONAB, 2008).

O consumo de milho verde sempre foi uma tradição no Brasil sendo comum à comercialização tanto do milho verde na forma de espigas ou grãos enlatados como de seus subprodutos. Alimento rico em carboidratos, sendo considerado como alimento energético, é

também fonte de óleo e fibras e fornece pequenas quantidades de vitaminas E, B1, B2 e ácido pantotênico, além de alguns minerais, como o fósforo e o potássio (MATOS *et al.*, 2006).

Cruz *et al.* (2008) ressalva que devido as suas características fisiológicas a cultura do milho tem alto potencial produtivo, já tendo sido obtida produtividade superior a 16 t ha⁻¹ (tonelada por hectare em um ano), em concursos de produtividade de milho conduzidos por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de semente, no entanto, o nível médio nacional de produtividade é muito baixo, cerca de 3.897 kg ha⁻¹ (quilo por hectare ano), demonstrando que os diferentes sistemas de produção de milho deverão ser ainda bastante aprimorados para se obter aumento na produtividade e na rentabilidade que a cultura pode proporcionar.

No planejamento de sistemas de produção, deve-se incluir a escolha dos métodos de irrigação, de acordo, principalmente, com as condições ambientais, a cultura e a quantidade e qualidade de água disponível.

O milho é considerado como uma cultura que demanda muita água, mas também é uma das mais eficientes no uso da água, isto é, produz uma grande quantidade de matéria seca por unidade de água absorvida (ALBUQUERQUE, *et al.* 2008).

Diversos estudos como o de Souza (2004); Bellingieri (2005) e Silva (2008) apontam à cultura do milho como interessante objeto de pesquisa para o reuso de efluentes sanitários.

2.7.1.2 Cultura do feijão

Graças às suas comprovadas propriedades nutritivas e terapêuticas, o feijão é altamente desejável como componentes em dietas de combate à fome e à desnutrição. (SARTORATO, *et al.* 2003). Seu consumo per capita no Brasil situou-se, em 2001, em 14,9 kg/hab/ano, e, na década de 70, chegou a alcançar patamares de 23-24 kg/hab/ano, sendo esta redução atribuída, ao longo do tempo, a vários fatores. Há grandes variações regionais quanto ao gosto e preferência por tipos de grãos consumidos.

Dependendo da região, o plantio de feijão no Brasil é feito ao longo do ano, em três épocas, de tal forma que, em qualquer mês, sempre haverá produção de feijão em algum ponto do país, o que contribui para o abastecimento interno.

O rendimento do feijoeiro é bastante afetado pela condição hídrica do solo (SILVEIRA e STONE, 2003). Devido à irregularidade na distribuição pluvial, o risco climático, que é caracterizado pela quantidade de água no solo disponível para as culturas, é acentuado em função da diminuição freqüente na quantidade de água para as culturas.

De acordo com as estatísticas da FAO (2006), o Brasil é o maior produtor da espécie *Phaseolus*, seguido do México. Entretanto, a produção brasileira de feijão tem sido insuficiente para abastecer o mercado interno, devido à redução na área plantada, da ordem de 35%, nos últimos 17 anos. Mesmo o aumento de 48% na produtividade, verificado neste período, ainda resultou numa diminuição de 4% na produção, portanto, não sendo suficiente para atender a demanda (YOKOYAMA, 2003).

2.8 Reutilização de Resíduos da Construção Civil (RCC)

Os resíduos da construção civil (RCC) constituem-se como um dos grupos de resíduos sólidos que mais causa impacto ao meio ambiente. Na maior parte dos municípios não há um local destinados à recepção desses resíduos que ocupam grandes áreas, podendo principalmente esconder animais indesejáveis e contaminar corpos hídricos e o solo. Há certa emergência em buscar o reaproveitamento do RCC, bem como a sua inserção na cadeia produtiva.

O termo resíduo da construção civil é utilizado oficialmente e em substituição ao RCD (resíduo de construção e demolição) desde a criação da CONAMA nº 307/2002, assim destaca Cordoba (2010).

Cordoba (2010) relata que em 2008 a participação do setor da construção civil no total do Produto Interno Bruto (PIB) da economia foi de 11,3%. Somente o setor da construção civil isoladamente possui uma participação de 5,2% do PIB nacional (FIESP, 2008).

Alguns itens podem ser atribuídos ao crescimento do setor da construção civil: a elevação do nível de vida, o crescimento populacional, programas mais acessíveis do governo para financiamento, aquisições e reformas, acabando por propiciar além de certo desenvolvimento dos municípios, maior geração de resíduos provenientes do setor.

Pinto (1999) e Abrelpe (2008) ressaltam que a massa de RCC presente no total de resíduos sólidos gerados nas cidades, em torno de 150 mil toneladas a nível nacional, pode variar de 41 a 70%. Jhon (2000) cita que este valor pode variar de 13 a 67% tanto no Brasil quanto no exterior.

O conjunto de processos que acompanha a construção civil, visualizado na Figura 2.9, contribui com importantes impactos ambientais que degradam significativamente a qualidade de vida do ambiente urbano. Estima-se que esta cadeia de ações seja responsável pelo consumo de 20 a 50% de todos os recursos naturais disponíveis, renováveis e não renováveis (SJÖSTRÖM, 1992; *apud* JOHN, 2001a, p.30).

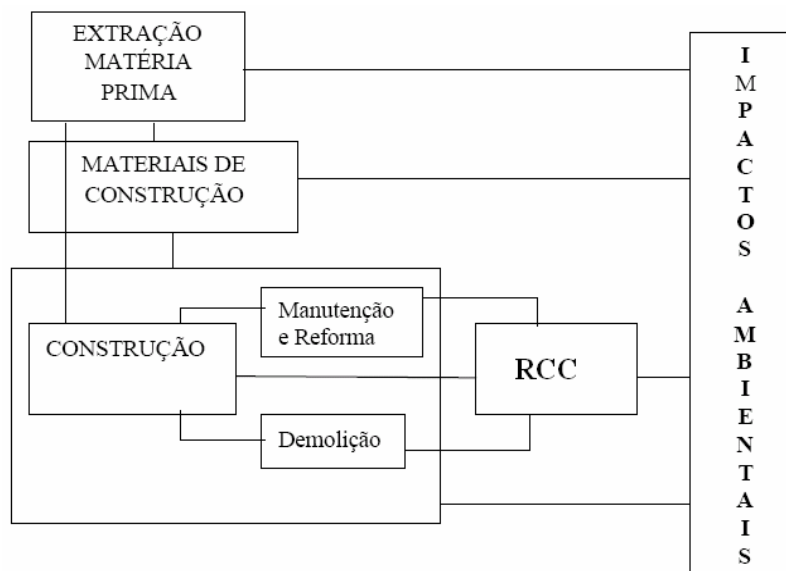


Figura 2.9 - Cadeia da Construção Civil

Fonte: Adaptado de Put (2001).

Os principais impactos sanitários e ambientais relacionados aos Resíduos da Construção Civil (RCC), ou entulho como é mais conhecido, talvez sejam aqueles associados às deposições irregulares, uma “conjunção de efeitos deteriorantes do ambiente local: comprometimento da paisagem, do tráfego de pedestres e de veículos e da drenagem urbana, compactação do solo, degradação e contaminação pelo acúmulo de lixões em suas redondezas, atração de resíduos não inertes, multiplicação de vetores de doenças e outros efeitos” (PINTO, 2001; CANELLAS *et al.*, 2001).

O processo de reciclagem dos resíduos da construção civil, no Brasil, ainda é incipiente e o emprego de técnicas adequadas ainda é escasso.

Alternativas de reciclagem e reutilização e não apenas o afastamento de resíduos (FAGUNDES, 2009) devem ser praticadas a fim de principalmente reintroduzir os resíduos no ciclo produtivo (MENESES *et al.*, 2007).

Países como a Holanda consegue um reaproveitamento dos resíduos da construção civil em torno de 80 e 90%, neste mesmo patamar estão a Bélgica, Alemanha, Áustria, Suíça e Província de Bolzano, na Itália. (SOUZA E SILVA, 2010; MULLER, 2006). Souza e Silva (2010) citam que na Austrália avaliações indicam que mais de 40% dos resíduos de construção e demolição são reutilizados ou reciclados e que a maior parte desse volume é composta por entulho de concreto. Na Suécia, cerca de 90% de toda pedra natural, areia e cascalho do setor de construção e engenharia pesada são reutilizados, enquanto do asfalto são

60% e cerca de 80% de madeira são convertidos em energia (LEVY, 1997). No Brasil, essa prática é mais recente, iniciando-se na década de 1980.

Os agregados reciclados têm a finalidade de substituir parcialmente ou totalmente o material natural empregado (MOTTA, 2005; UTS, 1999). Motta (2005) cita que as maiores diferenças entre os reciclados e os naturais são: a forma do grão e a textura superficial, que no material reciclado tende a ser irregular, a densidade que normalmente é menor nos agregados reciclados devido à sua alta porosidade e a absorção de água, que é a diferença mais marcante entre os dois materiais, conforme as propriedades físicas.

De acordo com Pinto (1987), a quantidade de resíduos liberados pelas atividades construtivas nas cidades é de tal porte que, se prevista uma total reutilização do material gerado, as necessidades de pavimentação de novas vias ou construção de habitações de interesse social, por exemplo, seriam totalmente satisfeitas. Na Tabela 2.10, apresenta-se a geração de entulho em algumas cidades brasileiras.

Tabela 2.10 - A geração de entulho em cidades brasileiras

Capitais	Geração de resíduos (ton/dia)
Santo André/SP	1013
São José dos Campos/SP	733
Maceió	1100
Belo Horizonte	1200
Campinas	1258
Jundiaí	712

Fonte: Xavier e Rocha (2001); Vieira (2003); Santos (2007).

A composição do resíduo da construção civil (RCC), que é mais conhecido como entulho, presente na Tabela 2.11, foi caracterizada por Pinto (1987); Zordan e Paulon (1997). Este material pode ser considerado promissor e de qualidade quando se trata da reciclagem. Ressalta-se a necessidade de um prévio estudo das características dos resíduos de acordo com o seu fim, para a reciclagem. De acordo com Pinto (2005), os resíduos da construção civil na região sudeste do Brasil representam em torno de 61% dos resíduos gerados.

No Brasil, Lucena (2005) constatou que os resíduos de construção civil (RCC) são compostos, principalmente, de tijolos, areias e argamassas (em torno de 80%). Numa menor proporção foram encontrados ainda restos de concreto (9%), pedras (6%), cerâmica (3%), gesso (2%) e madeira (1%).

O entulho pode apresentar algumas substâncias que possam gerar algum tipo de contaminação ao solo e água, como por exemplo, o excesso de minerais como o cálcio, elementos presentes no gesso e em sua aplicação.

Tabela 2.11 - Materiais que compõem o entulho

Composição média da fração mineral do entulho (%)		
Material	PINTO (1987) ¹	ZORDAN E PAULON (1997) ²
Argamassa	64,4	37,6
Concreto	4,8	21,2
Material Cerâmico	29,4	23,4
Pedras	1,4	17,8

¹ Local: cidade de São Carlos, SP, Brasil. ² Local: cidade de Ribeirão Preto, SP, Brasil

Fonte: Pinto (1987); Zordan e Paulon (1997).

No município de Tremembé (SP), em busca da solução para o problema dos resíduos de construção e demolição, está se trabalhando com o Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, “viabilizando a construção de uma estação de triagem e britagem de resíduos e criando um sistema de destinação final ambientalmente adequado” (Divulgado pela Prefeitura Municipal de Tremembé, 2007).

Segundo Reis (2006), o município de Tremembé, devido, principalmente, às suas características geográficas e ao modelo de ocupação do solo, não possui nenhuma área passível de receber um aterro para resíduos de construção e demolição. Na direção noroeste existe a várzea do rio Paraíba do Sul, seguida de uma área de grande fragilidade ambiental onde se inicia a Serra da Mantiqueira. A fim de equacionar duas problemáticas, a dos resíduos de construção e civil e a fragilidade ambiental da área, optou-se pela disposição dos resíduos para a redução da área ocupada pelas cavas exauridas pela mineração, e como medida efetiva de recuperação das áreas degradadas pela mineração de areia na várzea do rio Paraíba.

Carvalho (2004) realizou um projeto utilizando-se dos entulhos gerados na cidade para conter cerca de 10 voçorocas (fenômeno geológico que consiste na formação de grandes buracos de erosão) em Contagem (MG), que foi transformada em esplanada (área plana) por disposição de resíduos inertes (entulhos) e, futuramente, será implantado um parque linear com recursos do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA.

Na ESALQ (Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”), Piracicaba, contemplando o projeto “Melhor Caminho”, três tipos de aplicações de um composto foram testados em laboratórios e demonstraram ser “ideais para readequação de caminhos por onde passam o homem do campo, a produção agrícola e grande parcela da economia dos municípios paulistas”. Fez-se uso dos resíduos da construção civil em composição granulométrica adequada, pois este, “triado e triturado é misturado com solo argiloso que une

e preenche os espaços entre as partículas esmigalhadas, portanto é mais estável”, segundo, CODASP (2009).

O aspecto legal do reuso de resíduos da construção civil, sobretudo é consolidado pela Resolução CONAMA nº. 307 de 5 de Julho de 2002. Outras normas e resoluções regulamentam o processo de gestão de resíduos da construção civil e contribuem com a prática da reciclagem de agregados da construção civil. Na Tabela 2.12 apresenta-se as principais normas e resoluções pertinentes direta ou indiretamente ao reaproveitamento de resíduos da construção civil.

Tabela 2.12 – Legislação nacional pertinente ao reaproveitamento de resíduos da construção civil

Aparato legal	Considerações
Resolução CONAMA n. 307, de 5 de julho de 2002	Considera que existe viabilidade técnica, social, ambiental e econômica na produção e no uso de materiais reciclados. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos. Responsabilidades aos geradores de resíduos.
Resolução do CONAMA n. 348, de 16 de agosto de 2004	Inclui o amianto na classificação de resíduos perigosos, Classe D. Considera que os resíduos oriundos dos processos construtivos e materiais que contenham amianto, são nocivos à saúde.
Resolução da Secretaria do Meio Ambiente (SMA) do Estado de São Paulo n. 41, de 17/10/2002	Dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental de aterros de resíduos inertes e resíduos da construção civil em SP quanto à localização, instalação e operação no âmbito dos órgãos da SMA.
NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15112.	Regulamenta os requisitos necessários para projeto, implantação e operação de ATTs, classifica os resíduos da construção civil em classe A, B, C e D.
NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15113	Diretrizes para projeto, implantação e operação: localização, acessos, isolamento e sinalização, iluminação e energia, comunicação, análise de resíduos, treinamento, proteção das águas subterrâneas e superficiais, as condições gerais para projeto e as condições de operação.
NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15115.	Agregados reciclados (RCC) – Execução de camadas de pavimentação com agregados reciclados. Requisitos para a execução das camadas, assim como o seu controle tecnológico.
NORMA BRASILEIRA – ABNT NBR 15116	Estabelece os requisitos para o emprego do agregado reciclado destinado à obra de pavimentação viária e obra que utilize o concreto sem função estrutural.
Lei no. 13.298, de 16 de janeiro de 2002 (SP,2002)	Trata das responsabilidades e das condições de remoção dos resíduos de construção.
Decreto 37.958 (SÃO PAULO, 1999):	Rege o serviço de coleta e transporte e de destinação final de resíduos da construção e dita as normas que os motoristas de veículos têm de seguir para evitar acidentes.
Lei no. 13.478, dezembro de 2002 (SÃO PAULO, 2002c):	Disciplina a atividade de limpeza pública dispondo sobre a organização, autoridade e fiscalização do sistema de limpeza urbana do município de SP.
Decreto 42.217, de 24 de julho de 2002, reg. a Lei n. 10.315 (15/04/1987) (SÃO PAULO, 2002b):	Regulamenta a presença de pontos de entrega para pequenos volumes e de áreas de transbordo e triagem (ATT).

Fonte: Adaptado de Cunha (2007).

O reaproveitamento dos resíduos da construção civil faz-se possível para diversos fins, no entanto, é preciso ter informações e conhecimentos, por exemplo, sobre a identificação e quantificação dos resíduos, os custos, a geração, a caracterização, a viabilidade financeira na aplicação e a implicação deste no meio ambiente. O conjunto desses fatores determinarão a

eficiência sócio-ambiental e econômica do processo de reaproveitamento dos resíduos de construção civil.

2.9 Produção de Humos

Diversos estudos apontam que o uso de produtos alternativos como os biofertilizantes vem crescendo em todo o Brasil. Na busca por insumos menos agressivos ao ambiente e que possibilitem o desenvolvimento de uma agricultura menos dependente de produtos industrializados, vários produtos têm sido lançados no mercado (DELEITO *et al.* 2000). Além disso, esses produtos podem ser produzidos pelo próprio agricultor, gerando economia de insumos importados e, ainda, promovendo melhorias no saneamento ambiental.

Para Bettiol *et al.* (1998), uma das principais características do biofertilizante é a presença de microorganismos, responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, produção de gás e liberação de metabólitos, especialmente antibióticos e hormônios. Bulluck *et al.* (2002) afirmam que compostos orgânicos usados como melhoradores alternativos da fertilidade do solo, podem resultar em incremento da matéria orgânica e atividade biológica do solo. Esse processo controlado de decomposição microbiana de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido é denominado compostagem, de acordo com Toma (2008).

A compostagem é preparada misturando-se materiais ricos em nitrogênio com materiais ricos em carbono, estes elementos podem ser esterco, restos de comida, resíduos do esgoto são ricos em nitrogênio e folhas, palhas, serragens são ricos em carbono (TOMA, 2008; PENTEADO, 2006).

A prática da adubação orgânica, além de fornecer nutrientes às plantas, proporciona a melhoria física do solo, aumenta a retenção de água, diminui as perdas por erosão, favorece o controle biológico devido a maior população microbiana e melhora a capacidade tampão do solo (LOPES, 1989). O húmus tem características próprias, dependendo do resíduo utilizado, de sua constituição e procedência (BICCA *et al.*, 1999). Os resíduos utilizados variam desde esterco animal, resíduos vegetais, compostos de lixo urbano e industrial e o lodo de esgoto, entre outros (SENAR, 1994).

A matéria orgânica (MO) é um importante constituinte do solo, sendo um componente fundamental na qualidade dos sistemas agrícolas em razão de seu conteúdo e sua qualidade serem os mais importantes fatores que mantêm a fertilidade dos solos e a sustentabilidade dos agroecossistemas (MARTIN-NETO *et al.*, 2004; REEVES, 1997). Além disso, é o principal

agente de formação dos agregados do tipo granular e grumoso nos horizontes superficiais, que não apenas aglutina, mas também confere o caráter leve e expansivo/poroso aos agregados (BRADY, 1989).

Stevenson (1986) afirma que a adição de material orgânico no solo pode estimular a decomposição de húmus, graças ao aumento da atividade microbiana.

Dentre as funções que a matéria orgânica desempenha no solo, pode-se destacar:

- biológica: regula as atividades da microflora e dos organismos da microfauna;
- nutritiva: serve como fonte de nutrientes para o crescimento das plantas, retendo e fornecendo tanto os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) quanto micronutrientes (Zn, Fe, Mn e Cu), impedindo a perda por lixiviação e arraste dos fertilizantes químicos;
- física e físico-química: melhora a capacidade de retenção de água (BARRETO, 1995), drenagem, aeração e conserva a estrutura do solo. É um dos grandes responsáveis pela CTC e pela capacidade tampão do solo. Participa também no processo de decomposição de agentes tóxicos, formando compostos complexos com metais tóxicos e pesticidas, ajuda na retenção de calor influenciando na germinação de sementes e desenvolvimento das raízes (STEVENSON, 1994).

Dentre as vantagens do adubo orgânico em relação ao adubo químico, Zapparoli *et al.* (2008) cita a melhoria na estrutura física do solo, aumento de nitrogênio no solo, menor custo, melhora a absorção de umidade, maior fertilidade, não é tóxico e aumenta a produção.

Silva (2008) conforme dados de seus estudos relata que a aplicação de um efluente sanitário tratado por lagoas de estabilização em Lins/SP para a irrigação agrícola fez-se potencial na degradação física do solo e na substituição de fertilizantes minerais, proporcionando uma economia significativa em fertilizantes minerais. O mesmo autor indica também a baixa concentração de metais pesados na composição química do efluente sanitário utilizado em seu estudo. Feigin *et al.* (1991) *apud* Silva (2008) esclarece que em geral os metais pesados encontram-se em baixas concentrações em efluentes domésticos.

Conforme Nascimento *et al.* (2004) o efeito da aplicação de doses crescentes de lodo sobre as características químicas de dois solos para quantidades de metais pesados absorvidas e crescimento de plantas de milho e de feijoeiro cultivadas em casa de vegetação, resultaram: na diminuição do pH e aumento dos teores de matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo, potássio, sódio, cálcio e magnésio em ambos os solos; no aumento da produção de matéria seca do milho e do feijoeiro. Os teores dos metais no lodo, no solo e nas plantas estiveram abaixo dos limites estabelecidos para utilização agrícola, o que permite sua aplicação sem maiores riscos ao ambiente.

De acordo com Franco *et al.* (2008) a aplicação de lodo de esgoto (rico em nitrogênio-N) e vinhaça (rica em potássio – K) na cultura da cana-de-açúcar pode substituir a adubação mineral, tanto para cana-planta quanto para cana-soca.

Segundo Kimoto (1993); Filgueira, (1982); Ingue (1984) é indiscutível a importância e a necessidade de adubos orgânicos em hortaliças, tanto na produtividade como na qualidade dos produtos obtidos, especialmente em solos com baixo teor de matéria orgânica, sendo considerados agentes condicionadores do solo, por melhorar as condições de cultivo, através da retenção de água e aumento da disponibilidade de nutrientes em forma assimilável pelas raízes.

Lopes (1989) afirma que além de promover a formação e o crescimento prematuro de raízes, o fósforo proveniente dos esgotos melhora a eficiência no uso da água, e quando em alto nível no solo, ajuda a manter a absorção deste pelas plântulas, mesmo sob condições de alta tensão de umidade do solo.

O Nitrogênio presente no esgoto doméstico, logo após a oxidação, primeira etapa de redução, é transformado em de íon amônio (NH_4^+) a nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-), que são absorvidos pelas plantas. O íon amônio pode ser retido pelos minerais e pela matéria orgânica, enquanto o íon nitrato é arrastado pela água superficial e por aquela que percola no solo, podendo atingir o lençol freático (BERNARDES, 1986). O nitrato tem alta mobilidade no meio (solo) e em solos arenosos a percolação é mais efetiva do que em outros tipos de solo (CORAUCCI FILHO *et al.*, 1999b). O uso de efluentes em solos com baixa permeabilidade reduz a percolação e possíveis problemas de contaminação de lençóis freáticos (GILDE *et al.*, 1971).

A adubação nitrogenada influencia não só a produtividade, mas também a qualidade do produto em consequência do teor de proteína nos grãos de milho (SABATA E MASON, 1992; LANDRY E DELHAYE, 1993; ZHANG *et al.*, 1994). O teor de N nas folhas é muito influenciado pela adubação nitrogenada e, segundo Killorn e Zourarakis (1992), a concentração foliar de nitrogênio reflete sua disponibilidade no solo.

Fonseca (2001), estudando a disponibilidade de Nitrogênio e alterações nas características químicas do solo e do milho irrigado com efluente tratado, constatou a rápida mineralização da matéria orgânica nos solos irrigados com esgoto tratado.

O processo de mineralização ocorre a partir da conversão de formas orgânicas de N, P, S, para as formas minerais disponíveis (NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}), mediante a atividade de microrganismos e é influenciada por fatores que afetam a atividade microbiana (temperatura,

umidade, pH, entre outros) bem como pelas razões C/N, C/P e C/S de resíduos de plantas em decomposição (FAUSTINO, 2007).

De acordo com Varallo *et al.* (2010), nível de fertilidade de um solo depende de sua capacidade de fornecer água e nutrientes para o desenvolvimento adequado das plantas. Tal premissa nos permite relacionar a fertilidade ao processo de germinação, enfatizado neste estudo em termos quantitativos e ao bom desenvolvimento da planta como um todo.

2.10 Recuperação dos solos

A degradação dos solos pode ser entendida mediante os processos de ocupação desordenada, atividades de mineração, uso intensivo da agricultura, diminuição da cobertura vegetal e aumento de áreas desérticas.

Solo degradado é o que sofreu modificação em sua natureza, quer tal mudança tenha sido física, química ou biológica, em consequência de alterações climáticas causadas por fatores naturais ou em decorrência de ação antrópica (LAL E STEWART, 1992).

A degradação ambiental é acompanhada pela perda de suas características físicas, químicas e biológicas originais, que constituem prejuízos sócio-econômicos (ALVES, 2001). A fim de que o solo possa se restabelecer mediante alguma modificação em sua estrutura é necessário que este seja favorecido de acordo com os seus atributos. Assim, conforme Nogueira (2000) faz-se imprescindível a restauração da fertilidade do solo para que seja possível o reflorestamento e a inclusão de outras espécies.

A manutenção da capacidade produtiva dos solos está intimamente ligada ao seu teor de matéria orgânica, responsável, principalmente, pelo fluxo de nutrientes e energia no sistema. De acordo com Kiehl (2002) a compostagem ajuda a transformar os resíduos orgânicos em adubo orgânico que pode ser utilizado como melhorador e recuperador da qualidade do solo.

O método de aplicação de resíduos orgânicos na superfície do solo foi usado para a sua recuperação, segundo Pagliai *et al.* (1983) *apud* Toma (2008).

Diversos estudos como o de Alves (2001) e Vaz e Gonçalves (2002), buscaram a recuperação dos solos em função da matéria orgânica presente em subprodutos de esgoto. Observou-se melhora na qualidade do solo ao avaliar aspectos físicos e químicos, elevação da fertilidade do solo e aumento significativo do desenvolvimento da espécie empregada.

Um estudo sobre a influência do lodo de esgoto na recuperação de propriedades físicas de um Latossolo Vermelho degradado, cultivado há dois anos e meio com eucalipto em Selvíria, MS foi realizado por Campos e Alves (2008). Destacaram que os tratamentos com a utilização do lodo influenciaram as propriedades físicas do solo, proporcionando mais rendimentos de matérias verde e seca e maior crescimento das plantas de eucalipto. Os mesmos autores citam ainda que o crescimento vegetal, a densidade do solo, a porosidade total e a macroporosidade foram os melhores indicadores da recuperação do solo.

Maria *et al.* (2007) avaliaram a aplicação do lodo de esgoto como condicionador do solo visando a recuperação de áreas degradadas por manejo inadequado. O experimento foi realizado no Instituto Agrônomo de Campinas – IAC (SP). Os resultados mostraram aumento gradativo de diâmetro dos agregados em função das doses aplicadas. O aumento da estabilidade dos agregados em água foi explicado pelo aumento da matéria orgânica do solo. Relataram ainda que o lodo agiu como condicionador, melhorando a agregação do solo.

De acordo com a literatura estudada seria possível o emprego de resíduos do esgoto doméstico incorporados com resíduos da construção civil para a recuperação de áreas degradadas. Os resíduos do esgoto são ricos em matéria orgânica, agente fundamental para o restabelecimento da fertilidade e estrutura de um solo e, do outro lado, conta-se com elemento como a areia, constituintes do próprio solo.

2.11 Contabilidade de Custos Ecológicos (CCE)

A necessidade de sistemas efetivos de gestão ambiental nos diferentes setores é crescente. Além do atendimento às normas técnicas e à legislação ambiental, a possibilidade do “reaproveitar” gerando benefícios econômicos e ambientais, principalmente para a mitigação dos impactos no meio torna-se uma alternativa de grande valia. A avaliação dos processos de reaproveitamento, em termos de custos, pensando-se no ciclo “matéria prima, produção, produto final e descarte” é perfeitamente possível utilizando a contabilidade de custos ecológicos.

Nos últimos anos, tanto para o setor público como para o setor privado, o tema ambiental e sustentabilidade tem alcançado grande destaque. As empresas no mundo tem se preocupado com sua sustentabilidade sob o ponto de vista econômico e a sustentabilidade empresarial se traduz em reduzir os impactos ambientais de modo viável, usando abordagem preventiva com uso de melhoria contínua (LABODOVÁ, 2004).

Rubestein (1994) descreve que uma empresa sustentável deve ser aquela que reúna seis atributos.

- 1º) Possuir um crescimento qualitativo, respeitando os direitos humanos e um meio-ambiente adequado;
- 2º) Conservar e usar o meio ambiente e os recursos naturais para o benefício das gerações futuras e presentes;
- 3º) Manter os ecossistemas e os processos essenciais para o funcionamento da biosfera, preservar a biodiversidade e cumprir com o princípio de produtividade sustentável ótima;
- 4º) Estabelecer padrões de proteção ambiental adequada e supervisionar as mudanças, publicar dados relevantes sobre o meio ambiente e uso dos recursos;
- 5º) Realizar mudanças de acordo com evoluções ambientais que surgirem;
- 6º) Informar periodicamente as pessoas que podem ser afetadas de maneira significativa por mudanças nas atividades econômicas projetadas.

A contabilidade tradicional pouco proporciona em termos de qualidade as informações ambientais, pois essas são evidenciadas em conjunto com as informações financeiras ou operacionais, a segregação das informações ambientais torna-se necessária à medida que possibilita uma maior ênfase no acompanhamento dos resultados entre períodos e empresas, proporcionando informações de maior qualidade para o processo decisório (COSTA E MARION, 2007).

A Contabilidade de Custos Ecológicos (CCE) faz-se necessária para evidenciação das informações inerentes à gestão ambiental. A primeira discussão sobre este sistema deu-se no 5º Programa de *Acción en Materia de Medio Ambiente de La Comisión Europea*, o qual buscou discutir e criar uma ferramenta que pudesse incluir o uso e consumo de recursos naturais de uma organização como parte dos custos totais da produção de bens e serviços (SATOLO e CALARGE, 2008).

A definição da contabilidade de custos ecológicos pode ser entendida como uma metodologia para identificar, valorizar e comunicar as externalidades positivas e negativas, que possibilita a entidade informar sua contribuição em relação à sustentabilidade e apurar resultados relativos à gestão ambiental.

Para Chulián (2006), a CCE pode ser considerada como a forma mais adequada de se atrair a atenção dos mercados financeiros e reduzir os problemas relacionados com as informações sociais e ambientais da organização. A Figura 2.10 ilustra o modelo criado pelo autor e direciona esquematicamente a CCE como incorporadora da contabilidade tradicional que subdivide-se em custos e entradas internas e externas. No primeiro encaixam-se entradas

retirando-se os gastos que determinará o benefício econômico e, no segundo, estão as externalidades positivas que subtrai as negativas, resultando em benefícios sociais.

Contabilidade de custos ecológicos completos (CCEC)	Contabilidade financeira tradicional	Custos e entradas internas	Entradas
			- Gastos
			= Benefício Econômico
		Custos e entradas externas	Externalidades positivas
			- Externalidades negativas
			= Benefício social

Figura 2.10 - Modelo representativo da Contabilidade de Custos Ecológicos

Fonte: Adaptado de Chulián (2006) por Satolo e Calarge (2008).

Segundo Mankiw (2007), de maneira bem resumida, a externalidade é “o impacto das ações de uma pessoa sobre o bem-estar de outras que não tomam parte da ação”. MARQUES (2008) cita que as externalidades são atividades que envolvem a imposição involuntária de custos (externalidades negativas) ou de benefícios (externalidades positivas) sobre terceiros. O autor complementa com exemplos que uma externalidade positiva seria “um progresso da ciência” e uma negativa, a “poluição das águas”.

O levantamento das externalidades negativas, sobretudo, poderá permitir o encontro de falhas no processo e possibilitar as ações mitigadoras e de prevenção para assegurar o desenvolvimento econômico e sustentável.

As questões ambientais aliadas aos custos, receitas e benefícios são motivo de preocupação para os cidadãos, governos, dirigentes de empresas na maioria dos países em todo o mundo, tais preocupações sinalizam que as empresas devem mudar sua postura em relação ao meio ambiente e buscar estratégias para amenizar os impactos ambientais, reduzir os custos ambientais, otimizar os processos produtivos, bem como encontrar alternativas de ganhos ligados à preservação ambiental (GRZEBIELUCKAS *et al.* 2009).

De acordo com Assis *et al.* (2009), a correta apropriação e análise dos custos e despesas ambientais, ainda que por meio de valores aproximados, pode auxiliar a avaliação da eficiência ambiental e evitar desperdícios e a contabilidade pode exercer um papel

fundamental na preservação do meio ambiente e na busca de sustentabilidade, tendo em vista ainda, valores éticos a postura de responsabilidade socioambiental assumida pelas entidades.

Há várias razões pelas quais tem crescido o interesse dos gestores pela gestão de custos ecológicos, entre elas destaca-se, de acordo com Burrit e Saka (2006), a melhoria da eco-eficiência, funcionando como “*driver*”, uma alavanca na gestão de negócios, de modo a ampliar estratégias para promover, manter ou reparar legitimidade social. Para Burrit e Saka (2006) a gestão contábil ambiental é a gestão de desempenho ambiental e econômico através do desenvolvimento e aplicação de medidas relacionadas com o ambiente e sistemas de práticas contábeis.

Para Bebbington (2001) a Contabilidade de Custos Ecológicos Completos (CCEC) como ferramenta ocorre em quatro diferentes etapas:

1. Definição do objeto de custo;
2. Especificação do alcance da análise;
3. Identificação e medida das externalidades, etapa para qual o autor sugere o uso de técnicas de eco-balanço, análise do ciclo de vida ou impacto ecológico;
4. Cálculo dos custos externos.

De acordo com Satolo e Calarge (2008), um aspecto de dificuldade tem sido mensurar e integrar os custos internos e externos de forma a demonstrar a contribuição das empresas para a sustentabilidade, sendo que uma maneira citada pela literatura da área é a Contabilidade de Custos Ecológicos Completos (CCEC).

É possível refletir que a transformação nos meios de produção em prol da sustentabilidade, bem como a reutilização de resíduos, além de se tornar um ganho para o ambiente pode resultar em lucratividade e na conservação de matérias-primas.

No Capítulo seguinte tratar-se-á dos aspectos pertinentes aos materiais e métodos e todo aparato experimental do trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste Capítulo descreve-se o processo metodológico aplicado ao trabalho, pertinente ao planejamento experimental e a utilização de tecnologias mais limpas para a transformação dos resíduos em reutilizáveis. Além disso, prevê-se a mensuração de custos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Características gerais

Os experimentos foram realizados no laboratório de análise da Diretoria de Ciências Exatas da Universidade Nove de Julho - Uninove e da Faculdade de Engenharia Química da UNICAMP.

3.2 Planejamento dos experimentos

Antes de iniciar o experimento realizou-se um estudo literário para discutir um plano de trabalho e de coleta dos materiais e então, fez-se um planejamento fatorial do tipo 2^2 completo, com objetivo de otimizar os experimentos e adequar um número representativo de amostras ao trabalho, conforme demonstrado pela Tabela 3.1. Indicou-se o volume de RCC a ser utilizado na decantação do lodo e a variação da altura das camadas total de solo (CTS) na obtenção dos humos, usando como resposta o ganho na fertilidade do solo.

Utilizou-se um período de acompanhamento de 4 semanas para cada ensaio, após realizar-se alguns testes experimentais em solo natural para verificar um período médio de germinação das sementes de milho e feijão.

Tabela 3.1 – Planejamento Fatorial completo

Variáveis Codificadas (*)				
X1	X2	X3	RCC (ml/L) ⁽¹⁾	CAT (cm) ⁽²⁾
-1	-1	-1	200	1
+1	-1	-1	400	1
-1	+1	-1	200	2
+1	+1	-1	400	2
-1	-1	+1	200	1
+1	-1	+1	400	1
-1	+1	+1	200	2
+1	+1	+1	400	2
0	0	0	300	1,5
0	0	0	300	1,5
0	0	0	300	1,5
Controle				

⁽¹⁾RCC: Resíduo da Construção Civil; ⁽²⁾CAT: Camada Total de Areia.

As variáveis codificadas (*) são representativas do resíduo da construção civil (X₁), camada de areia (X₂) e do tempo (X₃).

Os modelos foram obtidos pelo método dos mínimos quadrados, a análise do seu ajuste foi feita pela análise da variância (ANOVA) e a otimização do processo foi feita pela metodologia da análise da superfície de resposta (RSM), ambos apresentados em Barros Neto *et al.* (2001).

Ainda em âmbito de planejamento dos experimentos realizou-se as etapas metodológicas de acordo com a seqüência técnica operacional apresentada pela Figura 3.1.

Após o planejamento dos experimentos, conforme a Figura 3.1, procedeu-se com a coleta, armazenamento e caracterização (análises físico-químicas e microbiológica) do efluente sanitário. As análises físico-químicas e microbiológica indicam a qualidade do efluente e indiretamente os possíveis usos, quando os resultados dessas são comparados às recomendações padrão da legislação vigente.

No decantador misturou-se os resíduos da construção civil triturados ao efluente sanitário, aguardou-se então, o período de decantação (Tratamento I).

Retirou-se o efluente (parte líquida) do decantador, caracterizando-o e partindo para a segunda etapa, a microfiltração (Tratamento II). Novamente o efluente foi caracterizado para

que fossem analisadas as possíveis alterações qualitativas, sendo disposto, em seguida, para possível reuso em irrigação de culturas agrícolas de milho e feijão.

O material sedimentado no decantador, resíduos da construção civil e partículas sólidas antes presentes no efluente sanitário, foi incorporado a gramíneas e ao solo. Durante o período de decomposição desses produtos (em torno de quinze dias), ocorreu a formação do humos, que em seguida, foi aplicado ao solo a fim de melhorar a sua fertilidade.

Ao final, efetuou-se a análise de custos do processo de reuso de resíduos da construção civil e do efluente de reuso (água para reuso).

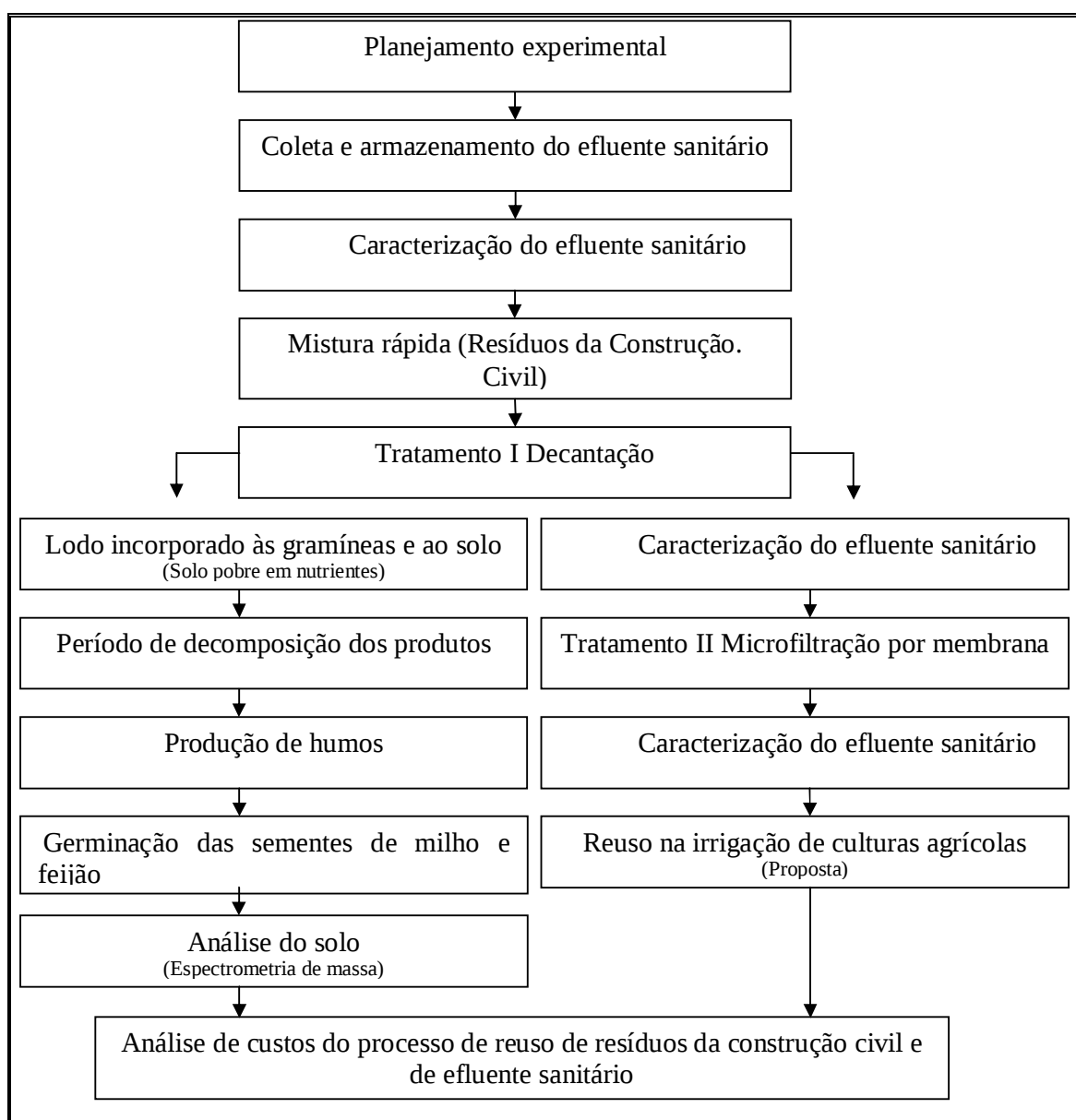


Figura 3.1 – Seqüência técnica e operacional das etapas metodológicas

3.3 Materiais

O efluente sanitário bruto é proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Anhumas, da cidade de Campinas – SP. Esta abrange a bacia do rio Atibaia e situa-se numa área limitada pela Rodovia Dom Pedro I e pelo antigo leito da Companhia Mogiana de Estrada de Ferro (atual Maria Fumaça), operada pela empresa de água e esgoto, SANASA. A coleta do efluente, conforme a Figura 3.2, foi realizada após passagem pelo gradeamento grosseiro inicial, caminho único para o efluente canalizado entrar na Estação de Tratamento.



A) Tanque de armazenamento



B) Vista superior do tanque



C) Estação elevatória: Coleta por um amostrador localizado na parte inferior

Figura 3.2 – Estação de Tratamento de Esgoto Anhumas

O resíduo de construção civil (RCC) é proveniente do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de São Paulo - USP foi doado pelo Prof. Salomon Mony Levy da

Diretoria de Ciências Exatas da Uninove e as gramíneas foram coletadas após terem sido aparadas de canteiro na cidade de Campinas/SP (LEVY, 2005 e 2007). O resíduo da construção civil (RCC) foi triturado, peneirado e armazenado, conforme a Figura 3.3, para posterior uso. Esse material foi caracterizado com relação a sua composição mineral e densidade (LEVY, 2005 e 2007).



A) Resíduo da construção civil bruto



B) Resíduo da construção civil triturado



C) Resíduo da construção civil peneirado

Figura 3.3 – Resíduo da construção civil coletado, triturado e peneirado

As gramíneas usadas para preparação dos humos não passaram por tratamento algum, de forma a simular a sua incorporação ao solo na forma mais natural possível.

As sementes de feijão do tipo “carioca” (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) foram adquiridas no mercado municipal e são procedentes do estado do Paraná. São culturas de elevado consumo no Brasil além de apresentar adequação ao clima e tipo de solo. O solo

foi do tipo argiloso, de coloração vermelho-amarelo, predominante no Estado de São Paulo e obtido na região de Campinas (SP).

3.4 Caracterização do efluente

O efluente sanitário foi devidamente coletado, armazenado em frasco e transportado sob refrigeração constante (NBR 9898/1987), para reduzir ao máximo as alterações que esse pudesse sofrer. Os frascos utilizados na coleta para análise físico-química são do tipo PET e foram lavados com ácido sulfúrico (1:1) e água destilada a fim de evitar possíveis interferentes e contaminação. Aqueles utilizados para a análise microbiológica são de vidro e foram lavados e autoclavados previamente.

A caracterização químico-física e microbiológica do efluente foi realizada mediante a coleta de amostras do efluente em três etapas: após a coleta na ETE Anhumas, na decantação (tratamento I) e na filtração por membrana (tratamento II) seguindo os procedimentos metodológicos sugeridos por *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (EATON *et al.*, 1995) e *Análise Química Quantitativa* (VOGEL, 1992).

Avaliou-se os seguintes parâmetros químico-físicos e microbiológico: pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, DQO, condutividade, sólidos sedimentáveis e bactérias heterotróficas. Os métodos utilizados estão descritos na Tabela 3.2:

Tabela 3.2 – Métodos utilizados nas análises físico-químicas e microbiológica.

Parâmetros	Métodos
pH	Potenciômetro
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	Oxímetro
Turbidez (NTU)	Nefelométrico
DQO	Colorimétrico de refluxo fechado
Condutividade	Condutivímetro
Sólidos Sedimentáveis	Cone INHOFF
Bactérias Heterotróficas (UFC/100 ml)	Pour Plate - Plaqueamento

Fonte: Eaton *et al.* (1995); Vogel (1992)

Potencial Hidrogeniônico (pH)

A medição do pH representa a concentração de íons hidrogênio H^+ e é utilizada para expressar a condição ácida ou alcalina de uma solução. É um parâmetro de grande importância, pois influencia significativamente várias reações de caráter químico, físico e atividades metabólicas de microrganismos e organismos superiores. Utilizou-se, por disponibilidade operacional, um pHmetro Orion, Hexis- modelo 720.

Temperatura

A temperatura nos esgotos, a exceção dos meses mais quentes do verão, situa-se na faixa de 20 a 25 ° C (VON SPERLING, 1996).

Dentre os principais efeitos da temperatura incluem-se as alterações na velocidade do metabolismo das bactérias, no equilíbrio iônico e na solubilidade dos substratos, principalmente dos lipídios (CORAUCCI FILHO *et al.*,1999). Os próprios equipamentos de análise físico-química como o potenciômetro (condutividade) e o turbidímetro (turbidez) já emitem o valor da temperatura.

Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (VON SPERLING, 1995).

De acordo com AWWA/APHA/WEF (2001) os níveis naturais de oxigênio dissolvido (OD) em esgotos dependem das atividades físicas, químicas e bioquímicas do corpo d'água. O oxímetro utilizado para análise de OD foi o Orion – Modelo 810.

Turbidez

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem de luz através da água (VON SPERLING, 1995) e é causada pela presença de partículas em suspensão e coloidais, a sua presença é prejudicial a diversos processos industriais, afeta a vida aquática e interfere no tratamento água, por exemplo. Utilizou-se o turbidímetro 2100 P, Hach, em unidades nefelométricas (NTU).

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A Demanda Química de Oxigênio (DQO) mede a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da parte orgânica de uma amostra que seja oxidável pelo permanganato ou dicromato de potássio em meio ácido. A DQO leva em consideração qualquer fonte que necessite de oxigênio, seja esta mineral ou orgânica

O princípio da demanda química de oxigênio (DQO) consiste em se utilizar um oxidante químico forte, o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), em meio ácido (H_2SO_4) e com aquecimento, levando a matéria orgânica a se converter em CO_2 e H_2O . (AWWA/APHA/WEF, 2001). Empregou-se o método colorimétrico de refluxo fechado. Utilizou-se 2,5 ml da amostra, 1,5 ml de dicromato e 3,5 ml de ácido sulfúrico em temperatura de $150^\circ C$ durante 2 horas. Mediu-se a absorbância em espectrofotômetro DR4000U.

Condutividade

É determinada pela capacidade de condução da corrente elétrica de uma solução aquosa. Este parâmetro indica a carga iônica da amostra, dependendo não só da concentração da substância iônica da amostra como também da temperatura. Utilizou-se o condutivímetro Digimed DM3- Tecnalise.

Sólidos Sedimentáveis

O método do Cone de Imhoff, indicado pela NBR 10561, é realizado por sedimentação das partículas em suspensão pela ação da gravidade, a partir de 1 litro de amostra em repouso por 1 hora. O procedimento é ilustrado pela Figura 3.4. No tempo decorrido de 45 minutos, de forma branda, passa-se uma baquete na parede do cone e após 15 minutos é feita a leitura do sedimentado pela escala graduada do cone no sentido do vértice, conforme descrito pela NBR 10561/88. A medida é expressa em ml/L.

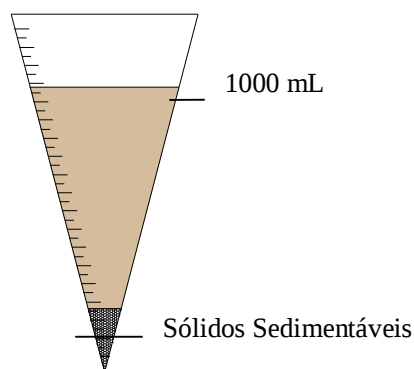


Figura 3.4 – Cone Imhoff.

Bactérias Heterotróficas

A análise da contagem das bactérias heterotróficas consiste na determinação da densidade de bactérias que são capazes de produzir unidades formadoras de colônias (UFC), na presença de compostos orgânicos contidos em meio de cultura apropriada, sob condições pré-estabelecidas de incubação: $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 48 horas. Primeiramente realizou-se a assepsia de todo material a ser utilizado, bem como da bancada, em seguida, procedeu-se com a análise próxima ao bico de bunsen a fim de evitar qualquer contaminação e interferentes. Realizadas as diluições e com o auxílio da pipeta introduziu-se 1 ml da amostra na placa de petri agitando vagarosamente. Posteriormente adicionou-se o meio de cultura líquido em banho Maria, 10 ml, em cada placa com a amostra.

Após o conteúdo das placas tornar-se sólido foram acondicionadas na posição invertida (para evitar a formação de vapor d'água) em estufa bacteriológica por 48 horas. Decorrido o período de incubação foi realizada a contagem das bactérias heterotróficas. Calculou-se o número de Unidades Formadoras de Colônias – UFC – de acordo com a diluição (CLESCERI *et al.*, 1998; SILVA *et al.*, 2005). Utilizou-se o método Contagem em placas e o meio de cultura Plate Count Agar, L5.201, CETESB/jan96. A Figura 3.5 ilustra alguns procedimentos do método.

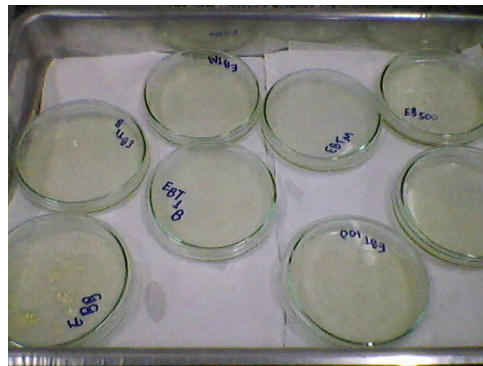
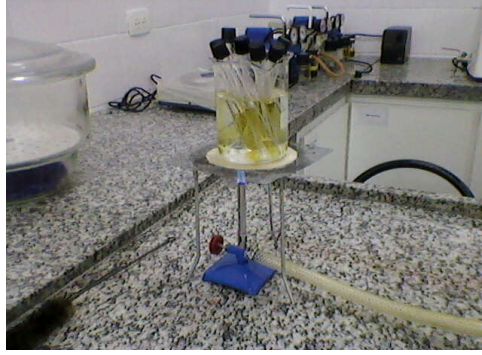


Figura 3.5 – Alguns procedimentos para detecção de bactérias heterotróficas

3.5 Tratamento do efluente

O resíduo da construção civil, em volumes diferentes, foi misturado a 2 L do efluente doméstico (mistura rápida utilizando uma baquete) em decantadores com volume útil de 3 L, em escala laboratorial, de acordo com a Figura 3.6. Deixou-se o processo de decantação ser finalizado e então procedeu-se com a separação das fases líquida e sólida (lodo) armazenando o líquido em outro recipiente devidamente esterilizado. Montou-se uma curva de decantação com medidas do volume decantado de 5 em 5 min.

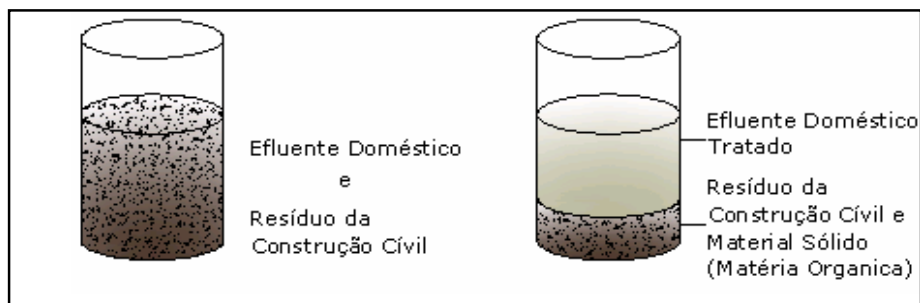
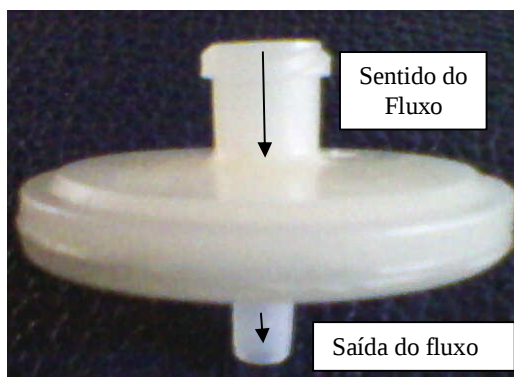


Figura 3.6 - Tratamento do efluente doméstico e separação das fases líquida (efluente tratado) e sólida (lodo utilizado na produção de Humos)

O efluente proveniente do processo de decantação, após caracterização físico química e microbiológica passou por um processo de microfiltração por membranas e foi caracterizado novamente.

O processo de microfiltração (KENNEDY e GUIOT, 1986; TCHOBANOGLIOUS, BURTON e STENSEL, 2003; BEAL, 2005; DACANAL *et.al*, 2010) consistiu em injetar o efluente na membrana com o auxílio de uma seringa, conforme a Figura 3.7. O princípio do método é tratar o efluente de forma a reter as partículas na camada filtrante. Foi aplicado posteriormente à decantação principalmente por prevenção à colmatação da camada filtrante.

A seringa, além de armazenar o efluente oferece uma pequena pressão para que o efluente seja filtrado a velocidade reduzida. Se a velocidade de filtração for aumentada, a membrana não suporta, havendo um retorno do líquido pelo orifício superior da membrana. Destaca-se que a membrana filtrante utilizada no tratamento do efluente sanitário possui poro de 0,45 μm .



A) Membrana filtrante



B) Seringa acoplada à membrana



C) Membrana com efluente

Figura 3.7 - Membrana filtrante e microfiltração

Utilizou-se o efluente tratado para irrigação das culturas de milho e feijão.

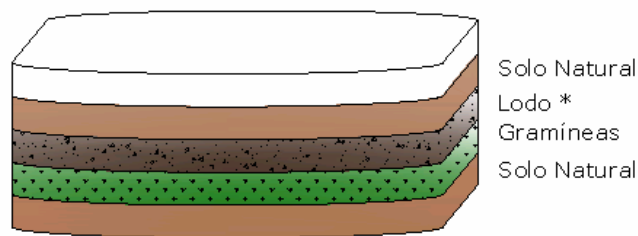
Comparou-se a germinação das culturas em cubas irrigadas por efluente proveniente do tratamento por decantação, microfiltração e água da torneira.

O produto final foi estudado para possivelmente ser aplicado na irrigação de uma cultura de milho e feijão e, portanto, atender os padrões estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA 357/05 e pela Organização Mundial de Saúde - OMS (1989) para uso em culturas agrícolas e descargas em corpos receptores de classe 2: $E.coli \leq 103$ NMP 100 mL⁻¹ ≤ 1 ovo L⁻¹. Ressalta-se que esta possibilidade fica restrita aos parâmetros e disponibilidade técnica empregados neste trabalho.

3.6 Produção do Humos

Em cubas de germinação, colocou-se uma camada do solo, seguida por camadas de capim e de lodo do decantador, finalizando com outra camada de solo, conforme a Figura 3.8. As camadas de solo foram variadas em cm de altura. Deixou-se o processo de produção de humos por um período de 2 semanas (compostagem). O lodo* disposto nas camadas é composto por resíduo da construção civil (RCC) e matéria orgânica (subproduto do efluente doméstico).

Após a montagem das camadas procedeu-se com a irrigação e mistura do solo, duas vezes por dia. Os ensaios foram realizados em duplicata (MEDEIROS *et al.*, 2001; SANTOS *et al.*, 2004; YAMANISH *et al.*, 2004). A irrigação foi aplicada utilizando o método de microaspersão (borrifador).



A) Conteúdo das cubas de germinação



B) Cubas de germinação na fase de preparação do humos

Figura 3.8 - Cuba de germinação para a produção de Humos

3.7 Avaliação da fertilidade do solo

Após o tempo de produção dos humos ter findando, as sementes de feijão ‘carioca’ (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.) foram plantadas em uma profundidade de 1 cm, em cada cuba de germinação, com espaçamento semelhantes para todas (5x5 cm). Diariamente, as amostras foram irrigadas com volume iguais (50 ml) de água e efluente tratado. Adotou-se também um número igual de sementes de feijão e milho para cada ensaio (MEDEIROS *et al.*, 2001; SANTOS *et al.*, 2004; YAMANISH *et al.*, 2004). O ganho na fertilidade do solo pela adição do humos foi medido pela Equação 3.1 (BIAZUS *et al.*, 2006 e 2009).

$$\text{Ganho na Fertilidade do Solo (\%)} = \left(\frac{\text{SG}_{\text{Amostra}} - \text{SG}_{\text{Controle}}}{\text{SG}_{\text{Controle}}} \right) * 100 \quad (3.1)$$

Onde: SG é a quantidade de sementes germinadas.

3.8 Análises por espectrometria de massa com plasma

A espectrometria de massas com plasma (ICP-MS) foi utilizada para caracterizar as amostras de solo e compará-las com relação aos seus minerais (VOGEL, 1992).

As análises de ICP-MS foram realizadas em um aparelho Modelo Elan 600 usando-se o gás argônio como gerador de plasma e uma mistura de HNO₃, HCl e HF como solventes. Inicialmente as amostras foram preparadas pelo método de eletrospray para deposição, para se obter uma evaporação rápida e sem efeitos de segregação. A amostra foi solubilizada com um solvente, e disposta em um forno digestor por 1h, para então ser colocada em um capilar, no qual se introduz um eletrodo.

A deposição acontece após a aplicação de alta tensão entre o eletrodo e um porta-amostras metálico. Um campo elétrico gerado na ponta do capilar produz a emissão de pequenas gotas carregadas. O solvente nessas gotas se evapora durante o "spray" formando uma camada seca de pequenas partículas (~1 µm de diâmetro) sobre o suporte metálico. Este material foi então levado para o analisador de massas, onde os íons são acelerados e então separados pela relação massa/carga.

3.9 Inserção de resíduos da Construção Civil à cadeia produtiva

Esta etapa do trabalho foi realizada mediante um levantamento bibliográfico e análise da cadeia produtiva da construção civil.

3.10 Estratégias para a mensuração dos custos ecológicos

Ao analisar a possibilidade de recuperação dos solos degradados, verificado pelo aumento da fertilidade mediante a obtenção do húmus, o presente estudo calculou de acordo com metodologia de custos ecológicos, os custos e resultados econômicos decorrentes do referido processo.

A estação de tratamento do esgoto utilizada como referência, possui um volume de esgoto tratado de 70% (750 e 800 mil litros de esgoto por segundo), ocupa uma área aproximada de 90 mil metros quadrados, possui capacidade para tratar até 1.200.000 litros por segundo, conforme dados divulgados pela SANASA (2010). Como parâmetros para o cálculo dos custos e dos resultados econômicos obtidos serão utilizadas as informações, levando em consideração a abordagem de custos ecológicos.

Para Chulián (2006) a metodologia de contabilidade de custos ecológicos procede à internalização dos custos e benefícios determinando-os de forma mais relevante e abrangente, o que irá representar o benefício sócio-econômico gerado por uma empresa. Pode-se junto a isso, associar as externalidades para a apuração de lucro, refletindo assim a magnitude do impacto causado no meio ambiente.

O resultado pode apresentar uma redução teórica ou aumento de lucro, resultando assim em benefício social. Através do estudo do benefício social, é possível fazer comparações entre empresas, bem como analisar a evolução da contribuição para o desenvolvimento de uma empresa sustentável ao longo do tempo.

3.11 Mensuração de custos da água de reuso

Neste item podem ser verificados os custos referentes à produção da água de reuso e a geração de lucros com a sua disponibilidade para uso.

Os custos com o transporte da água de reuso desde a ETE Anhumas até o consumidor, foi obtido de acordo com as metodologias propostas por Lima (2001), Novaes (2007) e Georges *et al.* (2009), que consideram custos da empresa (salário do motorista, encargos

financeiros, horas trabalho, etc.), custos com a manutenção dos caminhões (pneu, óleo, IPVA, depreciação, etc.) e as distâncias percorridas pelos caminhões pipas. Considerando-se condições semelhantes para este trabalho, já que os salários e preços dos produtos não variaram além dos 5% (inflação 2009), pode-se usar a Equação 3.2, apresentada pelos autores citados, para o cálculo dos custos.

$$\text{Custo Transporte} = \text{Total Caminhões} * [24,5 + (0,47 * \text{distância (Km)})] \quad (3.2)$$

O total de caminhões pipa para transportar o volume de água de reuso obtida em um mês foi dado pela Equação 3.3.

$$\text{Total Caminhões} = \frac{\text{Volume ETE}_{\text{Mensal}} (\text{m}^3)}{\text{Capacidade Caminhão} (\text{m}^3)} \quad (3.3)$$

A receita com a venda da água foi calculada usando a Equação 3.4.

$$\text{Receita}_{\text{ÁguaReuso}} = 12 (\text{R\$}) * \text{Volume ETE}_{\text{mensal}} \quad (3.4)$$

O lucro foi obtido pela Equação 3.5:

$$\text{Lucro} = \text{Receita}_{\text{ÁguaReuso}} - \text{Custo}_{\text{Transporte}} \quad (3.5)$$

Com aplicação das equações de 3.2 a 3.5, no próximo Capítulo, será possível fazer uma análise de custos da venda da água de reuso com a inclusão do transporte e verificar a viabilidade econômica e ambiental do processo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste Capítulo tratar-se-á dos resultados e discussões obtidos, considerando os métodos aplicados, a fim de concretizar a viabilidade do estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estudo da decantação do esgoto e produção do humos

O processo de decantação do esgoto misturado ao resíduo da construção civil (RCC) foi iniciado a partir de um estudo criterioso relacionando o período de decantação do material particulado em suspensão em relação ao volume decantado. Posteriormente, foi possível avaliar a eficiência de decantação do lodo estabelecendo uma relação entre o volume de RCC empregado em cada ensaio e o volume de lodo decantado.

A Figura 4.1 apresenta as curvas de decantação e formação do lodo para cada quantidade volumétrica de RCC usada no experimento. Como se percebe, o tempo de decantação não foi alterado, 5 minutos para ambos os ensaios; entretanto, o volume decantado aumentou com a quantidade de RCC. O que não demonstra uma eficiência real do processo, pois isso era esperado, já que a maior parte desse volume é proveniente do próprio RCC.

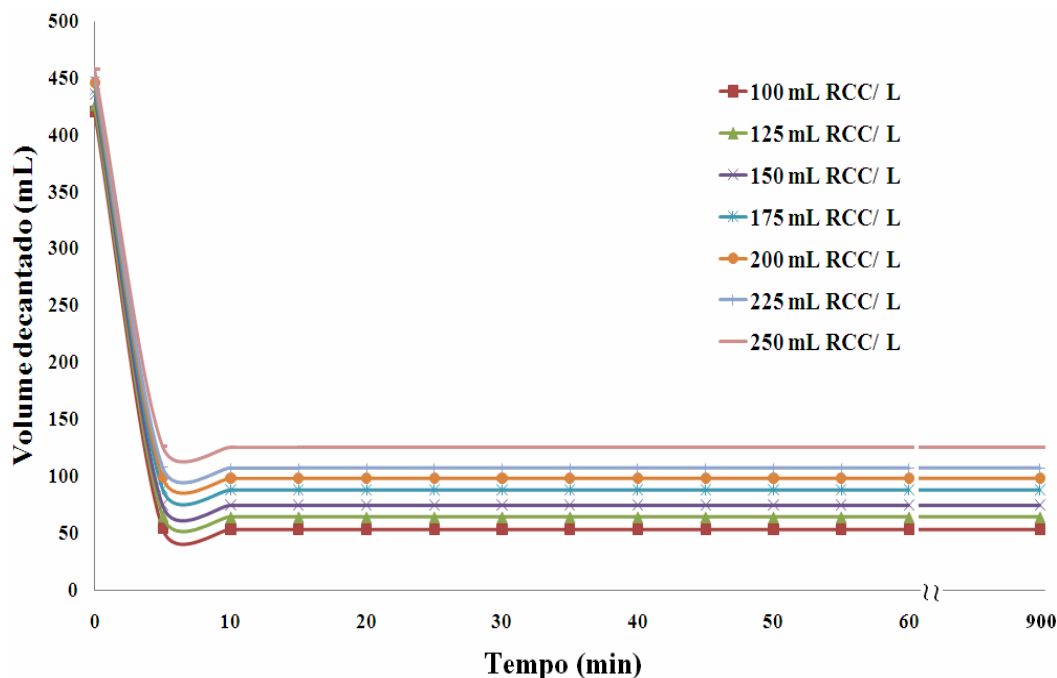


Figura 4.1- Curvas de decantação do lodo do efluente pelo uso do RCC

A Figura 4.2 mostra a relação do lodo do esgoto decantado por quantidade volumétrica de RCC adicionado em cada etapa, como uma forma de medir a eficiência de decantação do

RCC. Como se nota, a medida que se usa um volume maior de RCC há uma queda na eficiência de decantação do lodo. A melhor condição se apresentou a 100 mL de RCC por L de efluente doméstico.

Dessa forma, o planejamento do processo de produção do húmus se baseou nessa eficiência. Como uma massa alta de húmus produzido do lodo pode afetar na fertilidade do solo, utilizou-se a faixa entre 100-200 mL RCC/L, para que não se perdesse a eficiência de decantação e também permitisse uma maior produção de húmus.

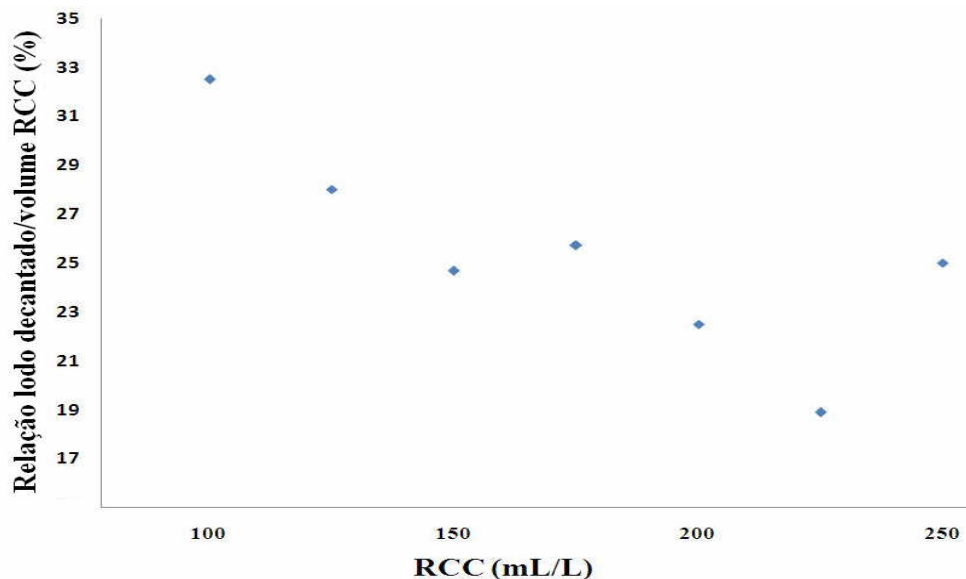


Figura 4.2 - Averiguação da eficiência de decantação do lodo pelo uso do RCC

4.1.1 Germinação das sementes

4.1.1.1 Escolha do tipo de solo

A fim de estudar de forma mais minuciosa a germinação das sementes de milho e feijão em solo empobrecido puro fez-se vários ensaios com três tipos de solos, amostrados na Figura 4.3. Ressalta-se que o princípio inicial de escolha e coleta do solo foi a visualização de superfícies com pouca ou nenhuma vegetação e sensitivamente a apresentação de um material pouco agregado. A Figura 4.3 apresenta amostras dos diferentes tipos de solo utilizados e os respectivos processos de germinação (teste em solo puro).



A) Amostra de solos



B) Germinação com os diferentes tipos de solo

Figura 4.3 – Procedimento para a definição do solo para o estudo da germinação

O solo foi escolhido após procedimento experimental que demonstrou aquele que germinou um número reduzido de sementes. Foi utilizado o mesmo solo para o milho e feijão. Para esta etapa não realizou-se o tratamento dos dados, apenas foi analisada a média aritmética de três experimentos, contabilizando um valor total para o solo sem humos, mas irrigado com efluente sanitário bruto, tratado por decantação, o tratado por decantação e membrana e água natural.

Este experimento demonstrou um número maior de sementes germinadas para o solo puro irrigado com efluente tratado por decantação e membranas, conforme a Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Testes de germinação com solos irrigados com água e efluente

	Bruto		RCC		RCC Membrana		Controle		Total	
SOLO 1	7	15	11	14	15	16	13	14	46	59
SOLO 2	14	9	17	19	17	18	16	19	64	65
SOLO 3	8	17	16	15	16	19	10	20	50	71
	Feijão	Milho	Feijão	Milho	Feijão	Milho	Feijão	Milho	Feijão	Milho

RCC: Resíduo da Construção Civil

Desta forma foi possível verificar o solo com menor capacidade de germinar as sementes e, então, propôs-se a sua utilização para todos os ensaios de germinação das sementes. A menor capacidade de germinação das sementes supõem um solo pobre em nutrientes constituindo aspectos da degradação.

4.1.1.2 Germinação das sementes sobre os solos

À medida que o tempo de produção dos humos foi passando, até ao final da terceira semana, notou-se que a coloração do solo, antes vermelha, tomou uma tonalidade mais escura, isso provavelmente está associado à incorporação de material orgânico no solo.

Durante o processo de germinação das sementes, observou-se que o aparecimento de brotos iniciou-se após dois dias de plantio para o feijão e cinco dias para o milho, para os ensaios contendo os humos. Constatou-se que após três dias do início do brotamento, a germinação das sementes foi uniforme. Sendo o crescimento destas, mais rápido nas cubas contendo os humos que na cuba contendo o solo puro (controle). A Figura 4.4 mostra a germinação para o feijão nos recipientes após 2 e 7 dias de plantio, respectivamente. A germinação das sementes de feijão, ao final desse estudo, foi de 100% para as melhores condições de solo contendo humos.



A) após 2 dias



B) após 7 dias do plantio.

Figura 4.4 - Germinação das sementes de feijão

Na Figura 4.5 observa-se o processo de germinação das sementes de milho. Em b é possível verificar a germinação das sementes após 9 dias de plantio.



A) Disposição das sementes para o plantio



B) Germinação das sementes de milho

Figura 4.5 – Germinação das sementes de milho

A Tabela 4.2 e 4.3 apresentam os resultados obtidos para a verificação de melhora na fertilidade do solo. O cálculo da melhora na fertilidade e germinação foi feito com base na Equação 4.1 e 4.2.

(4.1)

$$\text{Ganho na Fertilidade do Solo (\%)} = \left(\frac{\text{SG}_{\text{Amostra}} - \text{SG}_{\text{Controle}}}{\text{SG}_{\text{Controle}}} \right) * 100$$

SG Controle

(4.2)

$$\% \text{ Germinação} = \frac{(\text{SG Amostra})}{\text{TSP}} * 100 =$$

Como se nota, os melhores resultados foram obtidos para as menores camadas totais de solo (CTS) para o feijão, independente da quantidade de RCC utilizada na precipitação do lodo e nas maiores camadas para o milho.

O RCC não influenciou na fertilidade do solo provavelmente por acrescentar ao húmus apenas nutrientes como o K e Ca, como mostrado na análise de espectrometria de massa, enquanto que a maior parte dos nutrientes do húmus é proveniente do efluente doméstico. Ou seja, RCC não possui nutrientes que possam ser associados ao enriquecimento dos humos e só possuir ação na agregação de material particulado do esgoto que leva a formação do lodo, ou seja, os nutrientes dos humos foram exclusivamente obtidos do esgoto (material orgânico que precipitou na lama).

Independente da quantidade de RCC a melhor condição foi aquela que se utilizou uma CTS de 2 cm do solo a ser recuperado, onde se obteve um ganho na fertilidade do solo de 11,11% para o feijão. Para o milho, a melhor condição foi aquela em que utilizou-se maiores camadas de solo, sobretudo, em cubas com quatro centímetros de solo, possivelmente solicitadas pelo processo de formação e desenvolvimentos das raízes.

Tabela 4.2 - Planejamento experimental e resultados obtidos para sementes de feijão

Ensaio	RCC (mL/L)	CTS (cm)	Ganho na Fertilidade do solo	Ganho Predito pelo modelo
1	100	2	11,11	11,11
2	200	2	11,11	11,11
3	100	4	5,56	5,56
4	200	4	0	0
5	150	3	0	0
6	150	3	0	0
7	150	3	0	0
Controle	-	-	-	0

RCC: Resíduo da Construção Civil (mL/L, $d = 2,456 \pm 0,098$); CTS: Camada Total de Solo (cm)

Tabela 4.3 - Planejamento dos experimentos e resultados obtidos para as sementes de milho

Ensaio	RCC (mL/L)	CTS (cm)	Ganho de Fertilidade
1	100	2	5,56
2	100	3	9,26
3	100	2	5,56
4	100	3	9,26
5	200	2	5,56
6	200	3	9,26
7	200	4	15,65
8	200	4	15,65
9	150	4	15,65
10	150	2	5,56
11	150	3	9,26
Controle			0

Resíduo da Construção Civil (mL/L): RCC; Camada Total de Solo (cm): CTS

A Tabela 4.4 apresenta a avaliação do modelo que mais se ajustou aos dados experimentais, pela metodologia ANOVA. De acordo com Barros Neto *et al.* (2001), um modelo está ajustado e é significativo estatisticamente se: o valor do R^2 for próximo de 1,0, os valores das variâncias estiverem próximos dos 100% e se o teste F_1 calculado for maior que o F_1 tabelado e o teste F_2 calculado for menor que o F_2 tabelado. Como todos estes requisitos foram preenchidos pelo modelo representado pela Equação 4.3, podemos afirmar que ele está ajustado aos dados experimentais e é significativo estatisticamente. Esta equação demonstra que não há influência da camada total de solo (CTS) sobre a qualidade do húmus

obtido, pois seu valor não interferiu na fertilidade do solo. Desta forma, a otimização foi feita somente com os demais fatores, como segue, na Figura 4.6.

Tabela 4.4 - Avaliação do modelo que mais se ajustou aos dados experimentais para o milho

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	F Calculado
Regressão	175,532	2	87,766	
Resíduos	$1 \cdot 10^{-6}$	8	0,000	$7 \cdot 10^8$
Falta de Ajuste	$1 \cdot 10^{-6}$	6	0,000	
Erro Puro	$7 \cdot 10^{-7}$	2	0,000	0,167
Total	175,532	10		
% de variância explicada =			100,0	
% máxima variância explicável =			100,0	
R^2			1,000	

$$F_{95\%}(2, 8) = 3,12 \quad F_{95\%}(6, 2) = 9,33$$

$$\text{Ganho Fertilidade(\%)} = 15,65 + 1,85 \cdot \text{Tempo} - 8,24 \cdot \text{RCC}$$

(4.3)

A Figura 4.6 mostra que a medida que se usou quantidade médias de RCC (150ml/L) e um tempo maior para a produção do húmus, a qualidade deste se elevou e surtiu efeito com um ganho maior na fertilidade do solo estudado.

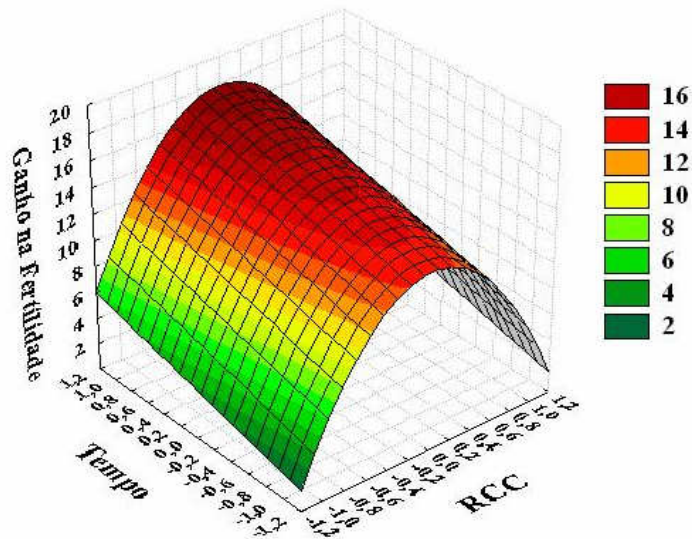


Figura 4.6 - Superfície de resposta para avaliar os efeitos do RCC e do tempo de produção do húmus sobre o ganho na fertilidade do solo para o milho

Para o feijão após regressão pelo método dos mínimos quadrados, se obteve a Equação 4.4, como o modelo mais ajustado aos dados experimentais. Como se nota na Tabela 4.5, os valores preditos são idênticos aos valores experimentais, o que indica que as variâncias são de 100% (consideradas como ótimas) e o valor da correlação múltipla (R^2) é igual a 1,0000 (também ótimo), mas isso impossibilitou os cálculos dos valores de F e assim, essa avaliação não pode ser feita. Como é mostrado na Tabela 4.5, que apresenta a metodologia ANOVA (BARROS NETO *et al.*, 2001). Pelo valor do R^2 e das variâncias pode-se afirmar que o modelo está ajustado e é preditivo.

Tabela 4.5 - Avaliação do modelo que mais se ajustou aos dados experimentais para o feijão

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Graus de Liberdade	Média Quadrática	Teste F
Regressão	167,531	4	41,883	
Resíduos	0,000	2	0,000	-
Falta de Ajuste	0,000	0	-	
Erro Puro	0,000	2	0,000	-
Total	167,531	6		
% de variância explicada =			100,000	
% máxima variância explicável =			100,000	
Correlação Múltipla (R^2) =			1,0000	

$$\text{Ganho (\%)} = -1,390 * x_1 - 4,165 * x_2 + 6,945 * x_2^2 \quad (4.4)$$

Como observa-se na Figura 4.7, as melhores condições de uso do RCC para a obtenção do húmus é aquela que usa a CTS na menor altura (2 cm) para qualquer quantidade volumétrica de RCC.

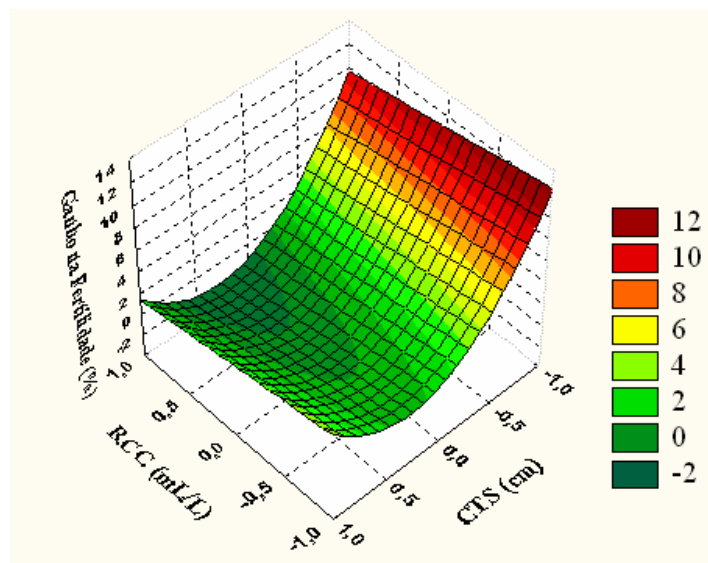


Figura 4.7 - Superfície de resposta para avaliar os efeitos do RCC e do tempo de produção do húmus sobre o ganho na fertilidade do solo para o feijão

4.2 Análises da qualidade da água

No contexto de reuso de efluente sanitário ou mesmo para disposição em corpo hídrico ou solo faz-se necessário verificar as suas condições sanitárias a partir de análises físico-químicas e microbiológicas que, em conjunto, indicarão o nível de qualidade da água. A caracterização de um efluente anteriormente a sua destinação final permite, sobretudo, a não contaminação e riscos à saúde humana e do próprio ambiente em questão.

Mediante a Tabela 4.6 é possível verificar, para os parâmetros analisados neste trabalho, a eficiência dos tratamentos por decantação e microfiltração, comparados à padrões da Resolução CONAMA 357/05, para rios de classe 1 e 2.

Tabela 4.6 – Avaliação do tratamento de efluente sanitário mediante análise de parâmetros físico-químicos e microbiológico

Parâmetro	Efluente Sanitário Bruto	Efluente Tratado I - Decantação	Efluente Tratado II- Microfiltração	CONAMA 357/05
pH	7,08	7,41	7,77	6 – 9
Temperatura	~20°C	~20°C	~20°C	~20°C
Condutividade	732	928	547	-
Turbidez	139	110	9.43	40 -100
DQO	541	248	54	90 mg/L
Resíduos Sedimentáveis	3,5	0,7	0,0	1ml/L
O2 dissolvido	5,2	5,5	5,9	>5mg/L
Bactérias Heterotróficas	39700	8900	-	500 UFC/mL

Discutir-se-á a seguir alguns indicativos importantes referentes aos valores obtidos para cada parâmetro:

Potencial Hidrogeniônico (pH)

A Resolução Conama 357/05 estabelece que o pH permitido em relação aos padrões de lançamento em rios de água doce 1 e 2 situa-se na faixa de 6,0 a 9,0. Obteve-se como resultado mediano uma faixa de pH de 7,0 a 8,0. O valor de pH mais baixo para o esgoto

bruto pode ser explicado pela existência de uma carga de matéria orgânica ainda em processo de degradação e microrganismos em atividade, além dos subprodutos dessa atividade.

Temperatura

A faixa média de temperatura situou-se em 20°C, uma vez que o efluente foi refrigeração para evitar interferentes e todo processo ocorreu em laboratório com controle da refrigeração.

Condutividade

Este parâmetro não é citado em normas vigentes. Verificou-se uma elevação considerável no valor de condutividade na etapa de tratamento por decantação. Tal fato pode ser explicado a adição de RCC ao efluente, estes são ricos em sais, responsáveis pelo aumento da condutividade. No processo de microfiltração o valor é reduzido devido a retenção das partículas na membrana filtrante.

Turbidez

Seguindo a Resolução Conama 357/05 os valores padrão para a turbidez em rios de água doce para classe 1 o máximo atinge os 40 NTU e para a classe 2, não ultrapassa 100 NTU. Nos resultados obtidos neste estudo, nota-se a redução nos valores já no processo de decantação. A partir da mistura do efluente com o RCC iniciou-se, por ação da gravidade, a decantação das partículas aonde as de menor densidade vão sendo “arrastadas” por outras de maior densidade. Após a microfiltração, a turbidez apresenta um valor bem reduzido ao máximo permitido pela Conama 357/05 para classe 1.

Verifica-se que para este parâmetro apenas o tratamento por decantação não seria suficiente para adequar o efluente à legislação. Na Figura 4.8 é possível ter uma noção visual da cor (clarificação) do efluente nas três etapas: efluente bruto, tratado por decantação (I) e tratado por microfiltração (II).

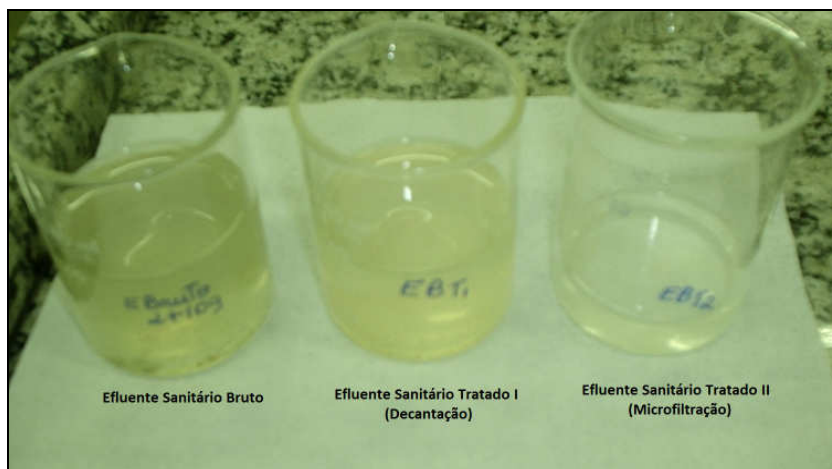


Figura 4.8 – Amostras retiradas do processo bruto e do tratamento por decantação, microfiltração, respectivamente

Demanda Química de Oxigênio (DQO)

O processo de microfiltração mostrou-se eficiente para a remoção da matéria orgânica, verificado pelo valor de DQO abaixo do permitido pela legislação, Resolução Conama 357/05, de 90 mg/L. Salienta-se que somente o tratamento por decantação não seria eficiente para este parâmetro.

Resíduos Sedimentáveis

O valor máximo permitido para lançamento, utilizando o cone de Imhoff é de 1ml/L (Resolução Conama 357/05), logo, os dois processos de tratamento são eficientes e atendem à legislação, enquanto o esgoto bruto ultrapassa em 3,5 vezes o máximo permitido.

Oxigênio dissolvido

Os valores para oxigênio dissolvido estão de acordo com a Resolução Conama 357/05 para rios água doce classe 2, sendo o padrão não inferior a 5mg/l O₂.

Bactérias Heterotróficas

Esta análise não é a mais adequada para quantificar microrganismos em efluente sanitário, sobretudo, por não ser possível identificá-los. Por disponibilidade técnica, foi a única análise microbiológica possível para realização, no entanto, tem-se valores totais da população microbiana presente nas amostras. Ressalta-se a necessidade de diluição das amostras por apresentarem uma carga orgânica maior em conjunto com uma variedade de microrganismos quando comparadas a mesma análise para a água.

Para a contagem das bactérias heterotróficas utilizou-se o método manual, visto a indisponibilidade do contador de colônias. Dividiu-se em quatro partes uma superfície da placa riscando com caneta do tipo marcador e cada colônia visualizada foi preenchida com uma bolinha cheia, em seguida, procedeu-se com a contagem das bolinhas (colônias). Na Figura 4.9 é possível visualizar o processo de incubação das placas de petri com a amostra e a formação de colônias.



A) Amostras incubadas em estufa



B) Contagem das colônias

Figura 4.9 – Obtenção de resultados para contagem de bactérias heterotróficas

O resultado para contagem de bactérias heterotróficas é expresso pela Equação 4.5:

(4.5)

$$\frac{\text{Soma dos valores das duplicatas}}{2} \times \text{Inverso da diluição} = \text{Densidade de bactérias heterotróficas/mL}$$

Conforme os valores obtidos na Tabela 4.7 nota-se uma diminuição da densidade de bactérias heterotróficas logo no 1º tratamento. No segundo tratamento não possível realizar a contagem, pois não foi verificada a formação de colônias, presume-se então que o processo de microfiltração foi totalmente eficiente para a remoção dos microrganismos.

Tabela 4.7 – Resultados da contagem de bactérias heterotróficas

Amostra	Diluição	UFC/mL
Efluente Bruto	10^{-2}	39700
Efluente tratado I	10^{-2}	8900
Efluente tratado II	10^0	-

Não foram encontrados padrões para a densidade máxima de bactérias heterotróficas permitida em efluente sanitário, logo estabeleceu-se uma correlação com o padrão da Portaria 518/04 do ministério da saúde para água de consumo humano que traz o seguinte: “Em 20% das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição, deve ser efetuada a contagem de bactérias heterotróficas e, uma vez excedidas 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por ml, devem ser providenciadas imediata recoleta, inspeção local e, se constatada irregularidade, outras providências cabíveis.”

É possível identificar que, de acordo com a Portaria 518/04, o tratamento por microfiltração é adequado para este parâmetro.

4.3 Reuso das águas

Verificada as características qualitativas das amostras bruta, tratada por decantação e microfiltração, pode-se, mediante análise dos resultados, predizer que para os parâmetros aqui estudados, o efluente proveniente dos segundo tratamento (microfiltração) pode ser empregado em irrigação de culturas agrícolas, visto padrões da Resolução Conama 357/05 e OMS 1989.

4.4 Análises por espectrometria de massa com plasma

4.4.1 Composição química dos solos

Realizou-se, mediante análise por espectrometria de massa, um estudo da composição química dos solos representados por amostras de solo natural puro, com humos e do material que compõem o RCC.

A Tabela 4.8 apresenta os resultados obtidos das análises por espectrometria de massa com plasma, para o solo utilizado (controle), o solo contendo o húmus (na melhor condição) e do RCC. Pela comparação entre o solo controle com o solo contendo o húmus é perceptível que há um enriquecimento do último em potássio (que é um dos principais nutrientes da tríade N, P, K) e no micronutriente Cálcio com relação ao primeiro. Além de haver a redução de minerais contaminantes como o ferro e o chumbo, e a diminuição do sódio que é um dos responsáveis pela salinidade do solo (indesejável). Assim, é notória a melhora na qualidade química do solo com húmus com relação ao solo natural (controle), demonstrando a viabilidade do uso do húmus em culturas de milho e feijão.

Yamanish *et al.* (2004), Medeiros *et al.* (2001) e Santos *et al.* (2001) verificaram que a inserção de humos aos solos eleva a taxa de germinação e de crescimento de partes das plantas frutíferas e hortaliças com relação ao solo testemunha (controle). Os resultados obtidos pelos autores citados acima não superaram a casa do 80% de germinação, enquanto que, a germinação das sementes, neste trabalho alcançou os 100%. Dessa forma, pode-se afirmar, então, que os resultados obtidos no presente estudo foram superiores ao obtidos por Medeiros *et al.* (2001), por Santos *et al.* (2004) e por Yamanish *et al.* (2004).

Tabela 4.8 - Resultados das análises do solo, húmus e do RCC por espectrometria de massa com plasma

Solo Natural (controle)	Concentração (ppm)	Desvio
Na	32045,75	718,35
Ca	22754,34	514,56
Fe	63717,89	923,56
K	922,05	7,21
Pb	41,42	9,26
Solo com humos	Concentração (ppm)	desvio
Na	2045,75	118,35
Ca	37754,34	1514,56
Fe	13717,89	653,56
K	7489	328
Pb	< LD	
RCC	Concentração (ppm)	desvio
Na	1174,5	322,73
Ca	55118,99	3183,4
Fe	18492,37	1112,56
K	2402,7	93,54
Pb	89,45	

LD = limites de detecção

PPM – Partes por milhão

Comparando-se esses resultados com os obtidos neste trabalho, pode-se perceber que eles são semelhantes e validam o poder de elevação da fertilidade do solo pela incorporação do húmus produzido a partir do lodo do efluente doméstico e do RCC.

4.5 Aplicação da contabilidade de custos ecológicos

4.5.1 Mensuração dos custos ecológicos

Para efeito dos cálculos propostos de custos ecológicos, utilizou-se como base a vazão de uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) de 0,75 e 0,80 m³/s. Ao realizar o tratamento do efluente à base de RCC e produção do húmus a ETE torna-se sustentável, ou seja, além de não descartar efluentes altamente poluentes também consegue ganho ecológico com um lucro financeiro de aproximadamente R\$ 130.000,00 mensais, a Tabela 4.9 ilustra um resumo dos cálculos e resultados do processo.

Tabela 4.9 - Contabilidade do processo de tratamento do efluente à base de RCC e produção de humos do lodo decantado

	Valor Mínimo	Valor Máximo
Vazão da ETE (m ³ /s)	0,75	0,80
Vazão (m ³ /dia)	64.800	69.120
Volume tratado (m ³ /15 dias)	972.000	1.036.800
Massa de RCC usada por m ³ (kg)		248
Massa de RCC total, usada no tratamento (ton)	241.056	257.126,4
Custo total do RCC (R\$)	6.026.400	6.428.160
Preço do Húmus no Comércio (R\$/ton)		275
Lucro obtido com a venda do Húmus (R\$)	66.290.400	70.709.760
Lucro com o tratamento usando RCC (R\$/15dias)	60.264.000	64.281.600
Lucro com o tratamento usando RCC (R\$/mês)	120.528.000	128.563.200

Fonte: SANASA (2009).

Além do ganho na dimensão financeira, há também ganho significativo nas dimensões ecológica e social, ou seja, no âmbito intangível, com redução das externalidades negativas a ETE passa de poluente a sustentável não causando impactos ambientais, pois não há descarga de efluente poluidor e há a produção de humos para recuperação de solo empobrecido pelo uso na agricultura.

4.5.1.1 Custos ecológicos para a produção de água de reuso

As maiores distâncias a serem percorridas desde a ETE Anhumas até os limites de Campinas com cidades como Monte Mor, Hortolândia e Indaiatuba não superam aos 30 km. Entretanto, cidades como Piracicaba, Limeira, Sorocaba, Rio Claro e até São Paulo, podem alcançar aos 100 km. Disto, foi feito uma estimativa do lucro com a distribuição da água de reuso desde a ETE Anhumas até estas cidades citadas, através do levantamento da capacidade de transporte do caminhão pipa, do custo com o transporte, do preço da água de reuso comercializada pela SANASA, em Campinas.

Os resultados são apresentados na Figura 4.10, que mostra o decréscimo do lucro com a distância percorrida pelo caminhão pipa, para a distribuição da água de reuso no local (domicílio) do consumidor.

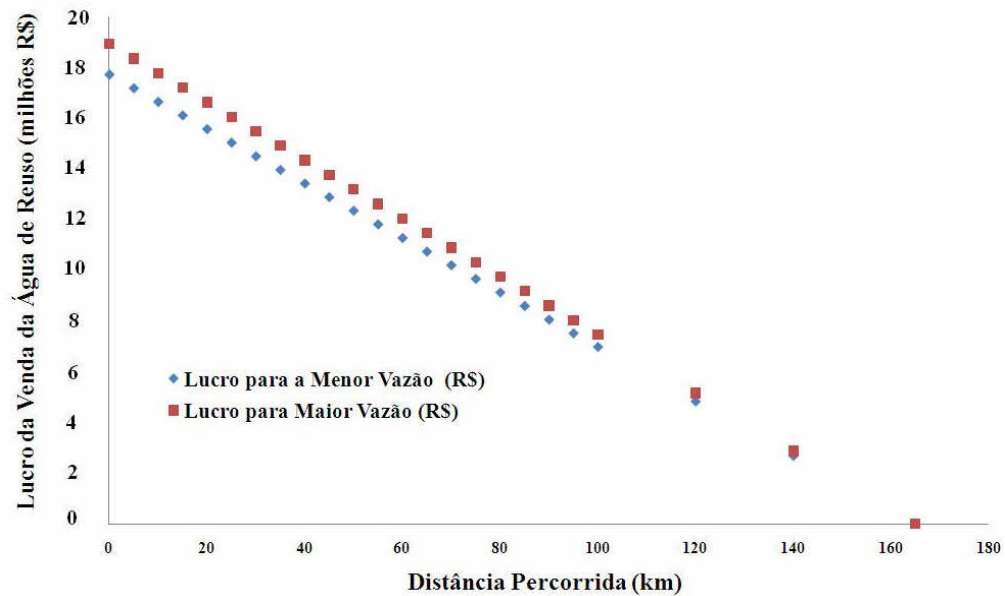


Figura 4.10 - Comportamento do lucro da venda da água de reuso com a distância do local da distribuição.

A Tabela 4.10 apresenta o demonstrativo de valores usado para o levantamento do custo, bem como alguns valores obtidos para receita, custos e lucros para até 20, 50 e 100 km de distâncias percorridas pelo caminhão pipa, da ETE Anhuma até o possível consumidor.

Tabela 4.10 - Levantamento de Custos de Produção da Água de Reuso.

	Menor vazão	Coeficientes	Maior vazão
Volume Tratado (m3/dia)	64800		69120
Volume Mensal Tratado (m3)	1944000		2073600
Preço Venda Água de Reuso (R\$)		12*	
Volume Caminhão Pipa (m3)		8,5*	
Total de Caminhões Pipa (unidade)	228705,9		243952,9
Custo Fixo com Transporte (R\$)		24,5	**
Custo Variável com Transporte (R\$*km)		0,47	**
Receita (R\$)	23328000		24883200
Custo até 20 km	7753129		8270005
Lucro até 20 km	15574871		16613195
Custo até 50 km	10977882		11709741
Lucro até 50 km	12350118		13173459
Custo até 100 km	16352471		17442635
Lucro até 100 km	6975529		7440565

Fontes: *SANASA (2010); **Georges et al., (2009)

Como se nota, na Figura 4.10, o lucro zero para distâncias próximas dos 160 km e é máximo (18 – 20 milhões) em regiões vizinhas à ETE Anhumas. A distribuição para cidades como São Paulo e Rio Claro, que ficam a aproximadamente 100 km da ETE Anhumas para a faixa dos 7 – 7,5 milhões de reais mensais. Entretanto, para a maioria das cidades da região metropolitana de campinas, como Hortolândia, Indaiatuba, Jaguariúna, Monte Mor, Paulínia, Sumaré, Valinhos, Vinhedo, etc., que ficam a distâncias inferiores aos 50 km, o lucro com a venda da água de reuso pode superar a faixa de 12 – 13 milhões de reais mensais. O que demonstra que a distribuição nas cidades da região de campinas é mais viável economicamente para a empresa.

4.6 Inserção dos Resíduos da Construção Civil na cadeia produtiva

4.6.1 Inserção do reuso do RCC na cadeia da construção civil

Fez-se neste item uma discussão da cadeia produtiva na indústria da construção civil em relação a nova abordagem deste estudo para o reaproveitamento do resíduos da construção civil.

A Figura 4.10 mostra a cadeia produtiva da indústria da construção civil, atual e proposta por este trabalho. Ela começa pela extração das matérias primas por mineradoras. Isso se dá através da extração de argilas para a produção de cerâmicas, de calcário, bauxitas, gipsitas, hematitas, etc.; que são processadas nas fábricas para a produção da cal, tinta e cimento, vigas e tubulações metálicas, bem como de areia para as argamassas e os acabamentos das construções. Estes produtos são comercializados em lojas de matérias de construção para pessoas físicas e jurídicas (construtoras), que os empregam em suas devidas obras. Nas construções, cerca de 10% (ou mais) do material utilizado vira resíduo, o chamado entulho; o qual, em sua maioria, é depositado utilizado para acomodação das camadas de aterros sanitários (CANELAS *et al.*, 2001).

Entretanto, em alguns países e em alguns Estados como São Paulo e Minas Gerais, uma parte deste entulho é processada por empresas beneficiadoras, que o transformam em material que é reutilizado em pavimentações e aterros de novas construções civis (LEVY, 2007). Algumas pesquisas já os empregam na geração de novos produtos cerâmicos (CARVALHO, 2004; LEVY, 2005 e 2007; REIS, 2006). Construções como edifícios, após alguns anos de uso, são demolidas e viram entulho que também são processadas pelas empresas beneficiadoras deste material.

Através dos resultados obtidos neste trabalho, mostrados no item anterior, pretende-se apresentar para a sociedade uma nova forma de reaproveitamento do resíduo da construção civil (RCC), o entulho, mediante o seu emprego no tratamento do esgoto, gerará um lodo altamente rico em matéria orgânica (do esgoto) e minerais (proveniente do RCC), que ao ser misturado com o solo degradado (pelas mineradoras) virará humos e tornará o solo mais rico em nutrientes, tornando, melhorando a sua qualidade e proporcionando o seu emprego na agricultura ou retorno para cadeia produtiva da construção civil.

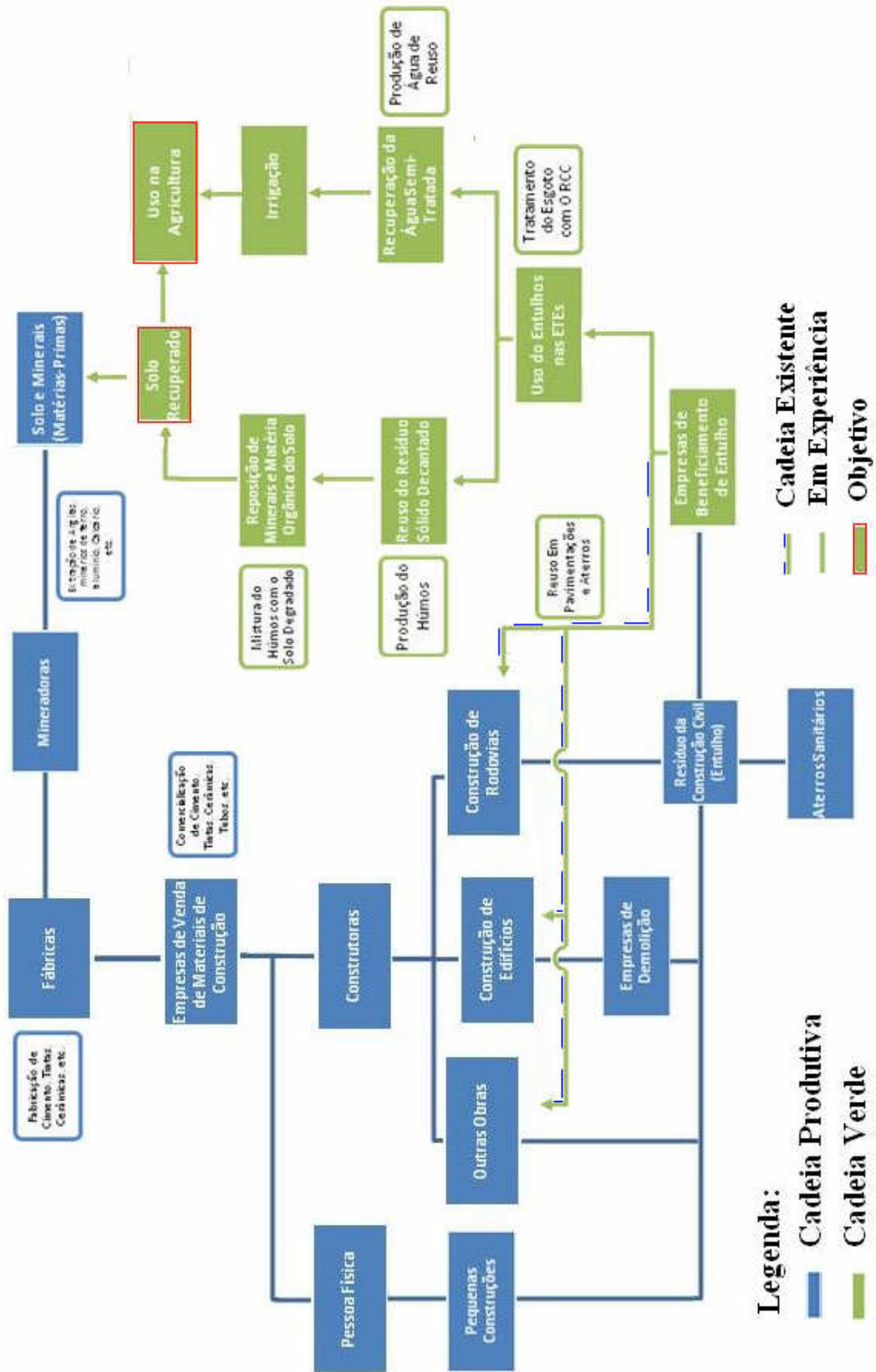


Figura 4.10 - Cadeia produtiva e verde da indústria da construção civil

A reutilização de resíduos e sua inserção na cadeia produtiva de origem ou em outras, a partir do uso de tecnologias mais limpas é uma alternativa de produção interessante para as empresas. É possível realizar atividades que resultem na redução de impactos ambientais e ao mesmo tempo tenham um retorno lucrativo.

No próximo Capítulo será apresentado o fechamento deste trabalho com uma análise reflexiva, considerando os benefícios da incrementação dos processos produtivos com práticas condizentes à sustentabilidade.

CONCLUSÃO

Esta etapa refere-se à conclusão deste estudo enfatizando a eficiência dos métodos aplicados, custos e a viabilidade de sua prática. Aborda-se também sugestões para trabalhos futuros.

5. CONCLUSÃO

O tratamento do efluente por decantação mostrou ser um processo rápido, com cerca de 5 min de tempo de decantação, onde se conseguiu reduzir mais 30% dos sólidos totais, obtendo-se um efluente tratado com aspecto transparente. A eficiência do processo reduziu com o aumento da quantidade de RCC.

Após o processo de microfiltração por membrana, caracterização físico-química e microbiológica e segundo os padrões da OMS (1989) e da Resolução Conama 357/05, o efluente mostrou-se passível de ser reutilizado em irrigação de culturas agrícolas não consumidas crua e de crescimento na vertical para todos os parâmetros aqui estudados, possibilitando o emprego de água potável para fins mais nobres, uma vez que a atividade de irrigação é uma das que mais consome água.

O tratamento por decantação não mostrou-se eficiente para a finalidade de irrigação para os seguintes parâmetros: turbidez, DQO, resíduos sedimentáveis e bactérias heterotróficas. Dos oitos parâmetros de qualidade analisados, houve reprovação em quatro deles.

A germinação nos solos enriquecido com o húmus foi mais rápida que no solo natural e a melhor condição foi obtida quando se usou uma camada total de solo de 2 cm para o feijão, para quaisquer volume de resíduo da construção civil, onde se observou uma germinação de 100% das sementes e um ganho na fertilidade do solo de 11,11%. O milho requisitou camadas de solo com espessura maior, cerca de 4 cm, provavelmente pelo processo e desenvolvimento das raízes, necessitando de uma área maior. O ganho na fertilidade para o milho foi de 15,65%.

Ao mensurar o processo utilizando o RCC no tratamento do efluente sanitário e a produção de humos verificou-se um ganho mensal de aproximadamente R\$ 130.000,00, com isso o estudo demonstra que o processo e a aplicação da metodologia são eficientes e podem ser empregados após as adaptações necessárias de processos pelos diversos ramos de atividade, sejam eles do setor público ou privado.

A produção de água de reuso da ETE até o consumidor é bastante lucrativa, apresentando um valor de custo de R\$ 10.977.882,00 e lucro de R\$ 12.350.118,00, quando considera-se um volume de água tratada de 64800 m³/dia distâncias de até 50 Km.

A reintegração dos resíduos da construção civil é perfeitamente viável, pois ele é incorporado totalmente à cadeia agrícola e não gera subresíduos.

Assim, conseguiu-se mostrar que é possível reutilizar os resíduos da construção civil e o efluente sanitário, reduzindo-se os seus impactos ambientais ao serem descartados, recuperando-se os solos empobrecidos pelo uso contínuo na agricultura, reduzir o consumo de água potável mediante o reuso em irrigação e possibilitar o aumento da produção agrícola. E ainda foi possível refletir sobre o ganho na redução de externalidades negativas, principalmente, e a projeção de lucro no processo de reutilização de resíduos e a reincorporação destes em cadeias produtivas.

5.1 Sugestões Para Trabalhos Futuros

A fim de explanar a temática utilizada neste estudo sugere-se para os próximos trabalhos a análise da eficiência e comparação de processos de desinfecção de efluentes sanitários realizados por meio de testes com hipoclorito de sódio e radiação ultravioleta.

A desinfecção poderá ser realizada após o processo de microfiltração devido à ação prejudicial do cloro na membrana e microrganismos aderidos em partículas sólidas que não recebem as doses de radiação ultravioleta. Desta forma, quanto menor as quantidades de sólidos presentes, maior será a probabilidade de eficiência do processo.

Poder-se-á, além de encomendar o reuso de efluente tratado para a irrigação de culturas agrícolas, contar com padrões mais próximos da potabilidade da água e avaliar os custos/benefícios do tratamento mediante comparação com a água de abastecimento.

A caracterização do efluente, considerando principalmente a etapa microbiológica, necessitará de um estudo mais aprofundado, por exemplo, com análises de coliformes fecais e ovos de helmintos, com o objetivo de atender a legislação em todos os seus parâmetros.

Todo este processo poderá trazer conclusões favoráveis para a reutilização de águas residuárias (em todos os parâmetros propostos pela legislação) para diversos fins e contribuir com o aumento da confiança no processo; por parte da ciência, da sociedade e do meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, A. K; GONÇALVES, O. M.; BARBOSA, A.L. S. F.; HAGA, C. R.; INOUE, K.P.; *O futuro da construção civil no Brasil*. Secretaria de tecnologia industrial ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior, 2003.

ABRAMOVAY, Ricardo. Integrar sociedade e natureza na luta contra a fome no século XXI. *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 11, Nov. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102311X2008001100026&ln>. Acesso em 28 ago. 2009.

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais: São Paulo. Disponível em <<http://abrelpe.org.br>>. Acesso em: 08 maio 2010.

ABREU, M.C.S.; RADOS, G.J.V.; JUNIOR, H.S.F. As pressões ambientais da estrutura da indústria. *RAE-eletrônica – Revista de administração de empresas*. v. 3, n.2, Art. 17, jul./dez. 22 p. 2004.

ALBUQUERQUE, C. J. B.; VON PINHO, R. G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69 76, Apr./June.2008.

ALVES, M.C. *Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira*, p. 83. Tese (livre docência), Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

ALVES, S. M.; OLIVEIRA, J F. G.. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão ambiental. *Revista Produção* [online], v.17, n.1, p. 129-138, 2007. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010365132007000100009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 18 abr. 2009.

AMORIM, J. M; MACEDO, J. Doenças de origem hídrica e de origem alimentar. *Águas e águas*. Cap. 10. P. 62. ed. Varela. 2001.

ANA – Agência Nacional das Águas. Secretaria de Recursos hídricos. *Plano nacional de Recursos hídricos*. Documento Base de referência. Revisão 01, Abril 2003.

ANDRADE, C. L. T.; BRITO, R. A. L. *Embrapa milho e Sorgo*. Sistemas de Produção, 1 ISSN 1679-012 Versão Eletrônica - 2ª Edição Dez./2006. Acesso em 28 Jan. 2011.

ARAUJO, J. B. *Desenvolvimento de método de avaliação de desempenho de processos de manufatura considerando parâmetros de sustentabilidade*. Tese (Doutorado em

Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

ARAÚJO, R. O esgoto sanitário. In: *Esgoto sanitário – coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola*. 1ª Edição. 520 p. Coordenação de Ariovaldo Nuvolari. p. 15 – 36. Editora Edgar Blücher LTDA. São Paulo. 2003.

ASANO, T. FRANKLIN L., BURTON, F. L., LEVERENZ, H. L., TSUCHIHASHI, R., TCHOBANOGLOUS, G., *Water Reuse Issues, Technologies, and Applications*, New York: The McGraw-Hill, 2007.

ASANO, T. RICHARD, D., CRITES, R.W., TCHOBANOGLOUS, G. Evolution of Tertiary Treatment Requirements in California. *Water Environment & Technology*. 1992.

ASSIRATI, D. M. *Desinfecção de efluentes de ETE com ozônio para uso agrícola*. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

ASSIS, J.V.; RIBEIRO, M.S.; MIRANDA, C.S.; REZENDE, A.J. Contabilidade Ambiental e o Agronegócio: Um Estudo Empírico entre as Usinas de Cana-de-Açúcar. *Sociedade, Contabilidade e Gestão*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, jul/dez 2009.

AWWA/APHA/WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20.ed. New York: American Public Health Association, 2001.

AZEVEDO, L. P.; OLIVEIRA, E. L. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.1, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162005000100028&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 02 jul 2010.

BARBOSA, F. L. *Regulamentação do reuso da água em refinarias – Análise do modelo americano e perspectivas para o cenário nacional*. P. 268. Dissertação (Mestrado em Ciências do Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2007.

BARRETO, M.C.V. *Degradação da fração orgânica de diferentes resíduos e efeitos em algumas propriedades químicas e físicas de dois solos*. P. 106. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. *Como Fazer Experimentos: Pesquisa e Desenvolvimento na Ciência e na Indústria*, 1ª ed, Editora da UNICAMP, Campinas, 2001.

BASTOS, R. K. X. *Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura*. p 253. Rio de Janeiro, RJ. ABES: Projeto PROSAB; 2003,

BAUMGARTNER, D; SAMPAIO, S. C; SILVA, T. R.; TEO, C. R. P. A.; BOAS, M. A. V. Reuso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, n.1, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010069162007000100009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 jan 2010.

BEAL, L.L. *Reatores biológicos associados a membranas: uma breve revisão do estado da arte*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE BIOPROCESSOS (SINAFERM), 15, 2005, Recife. Anais. 1 CD-ROM. Recife, 2005.

BEBBINGTON, J. *Sustainable development: a review of the internacional development, business and accounting literature*. Univ. of Aberdeen Acct, Finance & Mgmt Working Paper No. 00-17. University of Aberdeen - Business School: UK, 2001.

BELLINGIERI, P. H. *Avaliação de contaminação em água subterrânea, pela prática de irrigação com efluente desinfetado de lagoa anaeróbia no cultivo de milho*. 133p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

BERNARDES, R.F. *Estabilização de Poluentes por Disposição no Solo*. DAE 145(46): p. 129-145, 1986.

BETTIOL W; TRATCH R; GALVÃO J.A.H. *Controle de doenças de plantas com biofertilizantes*. (Circular técnico, 02). Jaguariúna, SP: EMBRAPA - CNPMA, p. 22, 1998.

BICCA, A.M.O.; SIQUEIRA, D.J.; KALL, A.C.; MENEZES, F.P. Caracterização química de diferentes vermicompostos produzidos em estação quente. In: *Anais do Congresso Brasileiro, 1, e Congresso Gaúcho de minhocultura*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, RS, 1999.

BOMBONATI, A. Y. *Flavonóis em frutas e hortaliças: efeito do cozimento e microfiltração*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, 2009.

BONI, S. S. N. *Gestão de Água em edificações: Formulação de diretrizes para o reuso de água para fins não potáveis*. Tese (Doutorado). Campinas - SP, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2009.

BOUWER, H. Integrated water management: emerging issues and challenges. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.45, n.3, p.217-28, 2000.

BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. FIGUEIREDO FILHO, A.B.N. (Trad.). 647 p., 7ª ed., Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). *Água, fatos e tendências*. p.31. Brasília: ANA; CEBDS, 2006.

BULLUCK, L.R.; BROSIUS, M.G.; EVANYLO, K.; RISTAINO, J.B. *Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms*. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v.19, n.2, p.147-160, 2002.

BURRIT, R. L.; SAKA, C. Environmental management accounting applications and ecoefficiency: case studies from Japan. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 14, p. 1262-1275, 2006.

CALIA, R.C. *A difusão da produção mais limpa: O impacto do seis sigma no desempenho ambiental sob o recorte analítico de redes*. Texto de tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* [online]. 2008, v.32, n.4, p. 1389-1397. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010006832008000400003&lng=en&nrm=iso> Acesso em 17 mar. 2009.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RUMJANEK, V. M.; MORAES, A. A.; GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v.36, n.12, 2001. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2001001200010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 03 out 2009.

CARVALHO, L. J.; SILVA, C. A. B. Clarification of pineapple juice by microfiltration. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* [online]. 2010, v.30, n.3, p. 828-832. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612010000300040&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 20 nov 2010.

CARVALHO, E. T. *Projeto Manuelzão: curso gestão de bacia hidrográfica*. Comitês das bacias hidrográficas do Arrudas e do Onça. Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <<http://www.degeo.ufop.br/terraCiencias/bibliotecaVirtual/edezio>>. Acesso em 29/04/2009.

CHERYAN, M. *Ultrafiltration and microfiltration handbook*. 527 p. 2 ed. Lacanster: Technomic Publishing Company, 1998.

CHRISTOFIDIS, D. *Irrigação, a fronteira hídrica na produção de alimentos*. Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília: ABID, n.54, p. 46-55, 2002.

CHRISTOFIDIS, D. Disponibilidade de água nos pólos de desenvolvimento para fruticultura irrigada no nordeste in SAWYER, Donald (Org.) *Disponibilidade de água e fruticultura irrigada no nordeste*. Brasília: ISPN, 2001.

CHULIÁN, M. F. *Contabilidad de Costes Ecológicos Completos en España*. Análisis Exploratorio. Documentos de Trabajo 06/05: Nuevas Tendencias en dirección de empresas. Burgos, 2006.

CLESCERI, L. S.; GREENGERG, A. E.; EATON, A. D. *Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater*. 20. ed. Washington: American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environmental Federation (WEF), cap. 9, Seção 9215, 1998.

CODASP. *Companhia de Desenvolvimento Agrícola de São Paulo*. Disponível em <<http://www.codasp.sp.gov.br/index.asp>. Acesso em 16 Set./2009.

CONAB. *Companhia Nacional de Abastecimento*. 2008. http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf. Acesso em Out./2009.

CONAMA. *CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE* Resolução número 357, de 17 de Março de 2005. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 2005.

CONAMA. *CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE*. Resolução número 307 de 5 de Julho de 2002. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 2002.

CORAUCCI FILHO, B., CHERNICHARO, C.A.L., ANDRADE NETO, C.O., NOUR, E.A., ANDREOLI, F.N., SOUZA, H.N., MONTEGGIA, L.O., VON SPERLING, M., LUCAS FILHO, M., AISSE, M.M., FIGUIREDO, R.F., STEFANUTTI, R. Capítulo 14 (b): Tecnologia do tratamento de águas residuárias no solo: infiltração rápida, irrigação e escoamento superficial. In: CAMPOS, J.R. (coordenador). *Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo*. PROSAB/ABES, Rio de Janeiro. 1999.

CORDOBA, R. E. *Estudo do sistema de gerenciamento integrado do resíduos de demolição do município de São Carlos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo, 2010.

COSMO online. Disponível em: <http://cosmo.uol.com.br/noticia/69000/2010-11-28/sanasa-vai-comercializar-agua-de-reuso-para-firmas.html>. Acesso: 28 nov. 2010.

COSTA, R S.C.; MARION, J.C. *A uniformidade na evidenciação das informações ambientais*. *Revista Contabilidade e Finanças*, USP, São Paulo, n. 43, p. 20-23, jan.-abr. 2007.

CROOK, J. Water reclamation and reuse criteria. In: ASANO, Takashi. *Water quality management library* – V. 10, Wastewater reclamation and reuse. Pennsylvania, USA: Technomic Publication, 1998.

CROOK, J.; OKUN, D.A.; PRINCIPE, A.B. Water reuse. V. 1. Alexandria: *Water Environment Research Foundation*, 1994.

CRUZ, I. *Manual de identificação de pragas do milho e de seus principais agentes de controle biológico*. 192p. Brasília: EMBRAPA, 2008.

CUNHA, N. A. Resíduos da construção civil: Análise de usinas de reciclagem. 2007. p166. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

DACANAL, M.; BEAL, L. L.. Filtro anaeróbio associado à membrana de microfiltração tratando lixiviado de aterro sanitário. *Engenharia Sanitária Ambiental* [online]. 2010, v.15, n.1, p. 11-18 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141341522010000100002&lng=e&nrm=iso>. Acesso em : 01 out 2010.

DEGANI, C. M., *Módulo de gerenciamento da sustentabilidade de facilidades construídas*. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, departamento de Engenharia da construção civil, 2010

DELCOLLE, R.; HANEDA, R. N.; LONGO, E.; GODINHO, M. J.; FONTES, S. R. Método de impregnação química aplicado em tubos microporosos e membranas tubulares para a microfiltração de emulsões e suspensões de bactérias. *Revista Cerâmica* [online]. 2008, v.54, n.329 [cited 2010-11-27], p. 21-28 .Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S036669132008000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 20 set 2009.

DELCOLLE, R. *Projeto e manufatura de membranas cerâmicas via prensagem isostática e uso da sacarose como agente porogênico para separação de emulsões óleo vegetal/água por microfiltração tangencial*. 2010, p. 147. Tese (Doutorado) – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

DELEITO CSR; CARMO MGF do; ABOUD AC de S; FERNANDES M do C de A. 2000. Sucessão microbiana durante o processo de fabricação do biofertilizante Agrobio. In: FERTBIO 2000. Santa Maria, RS: *Sociedade Brasileira de Ciências do Solo e da Sociedade Brasileira de Microbiologia*, CD-ROM. 2000.

DI BERNARDO, L; DI BERNARDO, A; CENTURIONE FILHO, P. L. *Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água*. São Carlos: RiMa, 2002.

DOMINGUES, ROSELY MANA e PAULINO, SÔNIA REGINA. Potencial para implantação da produção mais limpa em sistemas locais de produção: o polo joalheiro de São José do Rio Preto. *Gestão e Produção* [online]. 2009, v.16, n.4, p. 691-704. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2009000400016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 27 dez 2009.

EATON, A. D., CLESCERI, L. S. & GREENBERG, A. E. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Am.Publ.Health. Ass., p.106-114. 1995.

EPA Environmental Protection Agency: Agency for International Development. *Guidelines for water reuse*: EPA/625/R-04/108 Washington (DC); 2004.

EPA. *Membrane filtration guidance manual*. United States Environmental Protection Agency, Office of Water. p332, 2005

EVANS A. *Rising food prices: drivers and implications for development*. V. 3:3-4 Food Ethics 2008.

FAGANELLO, C. R. F. *Fundamentação da cobrança pelo uso da água na agricultura irrigada, na microbacia do Ribeirão do Marins*. Tese (Doutorado). Piracicaba. Universidade de São Paulo, 2007.

FAGUNDES, D. C. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em Tarumã e Teodoro Sampaio - SP. *Revista Sociedade. natural*, Uberlândia, v. 21, n. 2, 2009 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198245132009000200011&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 18 jul 2010.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2006. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em 03 jun. 2006.

FAUSTINO, A. S. *Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo*. São Carlos. p 121. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Federal de São Carlos, 2007.

FERNANDES, F. Estabilização e higienização de biossólidos. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. *Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto*. p.45-67. Jaguariúna, SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000.

FERREIRA FILHO, S. S. *Sedimentação Gravitacional*. São Paulo: EPUSP. Material de aula. Departamento de hidráulica e Sanitária de Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. CONSTRUBUSINESS 2008. 7º Seminário as Indústria Brasileira da Construção. Dez. 2008. Disponível em

<[HTTP://pcc5301.pcc.usp.br/bibliografia/apreset_construbusiness_7ed.pdf](http://pcc5301.pcc.usp.br/bibliografia/apreset_construbusiness_7ed.pdf). Acesso em 5 nov.2009.

FILGUEIRA, F.A.R. *Manual de Olericultura: Cultura e Comercialização de Hortaliças*. 385 p. 2ª ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1982.

FONSECA, A. F. *Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluentes de esgoto tratado*. 126p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Escola Superior Agricultura “Luiz de Queiroz”-Piracicaba, 2001.

FONSECA, A.F. Tese de Doutorado, *Curso de Pós Graduação em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas*, Escola Superior Agricultura “Luiz de Queiroz”-USP, Piracicaba, 2005.

FONSECA, AF; HERPIN, U; PAULA, AM; VICTORIA, RL; MELFI, AJ. Agricultural use of treated sewage effluents: agronomical-environmental implications and perspectives for Brasil. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.64, p. 194-209, 2007b.

FONTES P. C. R. *Olericultura: teoria e prática*. 486p. Viçosa-MG: UFV, 2005.

FRANCO Jr., R. S. *Água: Economia e uso eficiente no meio urbano*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). 245p. Faculdade de Arquitetura e urbanismo FAU/USP – Universidade de São Paulo. 2007.

FRANCO, A.; MARQUES, M. O.; MELO, W. J. Sugarcane grown in an oxisol amended with sewage sludge and vinasse: nitrogen contents in soil and plant. *Scientia Agricola*. Piracicaba. [online]. 2008, v.65, n.4, p. 408-414. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010390162008000400013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 17 maio 2009.

FRANCO, M. J. M. *Aplicação da metodologia de APPCC – Análise de perigos e pontos críticos de controle como ferramenta para reuso de água na indústria: Modelo para indústria de aromas e essências*. 118p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

GEO 2003 - *Global Environment Outlook* 2003. Londres, UK. 2003.

GEORGES, M. R. R.; LHAMA, P. G.; AMORIM, R. M.; GONÇALVES, D. A. Estudo das rotas de coleta de recicláveis em uma cooperativa popular de coleta e seleção de recicláveis. In: 6º Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social, Campinas – SP, Brasil, Setembro de 2009. In: *Anais do VI ENEDS*, Campinas, SP, Brasil, p. 1-8, 2009.

GILDE, L. C. A spray irrigation system for treatment of cannery wastes. *Journal Water Pollution Control Federation*, 43 (10), 2011-2025. 1971.

GLOAGUEN, T. V. *Transferências de espécies químicas através de um solo cultivado com milho e girassol irrigado com efluente de esgoto doméstico*. Tese (Doutorado). 113p. São Paulo. IGC/USP, 2006.

GOMES, F.C. *Decantação acelerada: alternativa para o tratamento de vazão excedente de esgoto* – Estudo na ETE Martim de Sá. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), 197p. São Paulo. USP, 2010.

GRZEBIELUCKAS, C.; CAMPOS, L. M. S.. MARINHO, S. V. SELIG, P. M. O *Perfil da Produção Acadêmica em Contabilidade e Custos Ambientais no Período de 1996 à 2007: um Estudo Bibliométrico*. In: EnANPAD, 32. 2008, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: ANPAD, 2008.

GUBERT, M. B.; BENICIO, M. H. D'AQUINO; SANTOS, L. M. P. Estimativas de insegurança alimentar grave nos municípios Brasileiros. *Caderno Saúde Pública* [online]. 2010, v.26, n.8, p. 1595-1605. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102311X2010000800013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 nov 2010.

HARADA, F. H. *Uso da técnica produção mais limpa em estação de efluentes industriais*. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade de São Paulo, 2006.

HENRIQUES, L. P.; QUELHAS, O. L. G. *Produção Mais Limpa: Um exemplo para sustentabilidade nas organizações*. 2007.

HESPANHOL, I. . *Um Novo Paradigma para a Gestão de Recursos Hídricos*. Estudos Avançados, v. 22, p. 131-158, 2008.

HESPANHOL, I. Potencial de Reúso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Município e Recarga de Aquíferos. In: SANTOS, H. F.; MANCUSO, P. C. S. (org). *Reúso de Água*. Editora Manole. São Paulo, 2002.

HUSSAIN, N. Evaluation of amendments for the improvement of physical properties of sodic soil. *International Journal of Agriculture and Biology*, Islamabad, v.3, n.3, p.319 322, 2001.

IBGE – *Instituto brasileiro de geografia e estatística*. Dados referentes a 2008. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso: 09/2010.

INGUE, K. *Dinâmica da matéria orgânica e seus efeitos nas propriedades do solo*. In: Adubação verde no Brasil, Campinas - SP: CARGILL, p. 232-267. 1984.

JOHN, V. M. *Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção*. In: CARNEIRO, A. P.; BRUM, I. A. S.; CASSA, J. C. S. (ORG). *Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção*. Projeto entulho bom. Salvador: EDUFBA, Caixa

Econômica Federal, 2001.sigas/docs/20071016_CAS_ProducaoMaisLimpa.pdf>. Acesso em 10 jun 2009.

JOHN, V.M. Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção. In : *Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção: Projeto Entulho Bom*. Salvador: EDUFBA; p 26–44, 2001.

JORDÃO, E.P; PESSOA, C.A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 681 p. 3ª ed., Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES, 1995.

KENNEDY, K.J.; GUIOT, S.R. *Anaerobic upflow bed filter: development and application*. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON ANAEROBIC TREATMENT IN TROPICAL COUNTRIES, São Paulo, 1986.

KIEHL, E.J. *Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto*. 171 p. 3.ed. Piracicaba: O Autor, 2002.

KILLORN, R.; ZOURARAKIS, D. Nitrogen fertilizer management effects on corn grain yield and nitrogen uptake. *Journal of Production Agriculture*, v.5, p.142-148, 1992.

KIMOTO, T. Nutrição e adubação de repolho, couve-flor e brócoli. In: *Nutrição e adubação de hortaliças*. Jaboticabal, 1983. Anais. Jaboticabal, UNESP. p. 149-178, 1993.

LABODOVA, A. Implementing integrated management systems using a risk analysis based approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 12, p. 571-580, 2004.

LAL, R.; STEWART, B.A. Need for land restoration. In: LAL, R.; STEWART, B.A. (Ed.). *Soil restoration*. Boca Raton: CRC Press, 1992. p. 1-11. (Advances in Soil Science, 17). 1992.

LANDRY, J.; DELHAYE, S. The Tryptophan contents of wheat, maize and barley grains as a function of nitrogen content. *Journal of Cereal Science*, v.18, p.259-266, 1993.

LEITE, N., RADOMINSKI, R.B., LOPES, W.A. Perfil nutricional de escolares em Curitiba. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, v. 9, p. S61, 2003.

LEITE, F. C. Comportamento mecânico de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil em camadas de base e sub-base de pavimentos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. SP, 2007.

LEVY, S.M. *Reciclagem do Entulho de Construção Civil para Utilização Como Agregado de Argamassas e Concretos* – São Paulo, 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1997.

LEVY, S. M. Materiais reciclados na construção civil. p. 1-21. In: *Materiais de Construção Civil*. São Paulo: IBRACON, 2005.

LEVY, S. M. Sustentabilidade na construção civil – a contribuição do concreto. p. 1-28 In: *Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*. São Paulo: IBRACON, 2007.

LIMA, M. P.. O Custeio do Transporte Rodoviário. *Revista Tecnológica*, São Paulo, jan. de 2001.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; SILVA, M. I. L.; VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. DE M. *Crescimento inicial de mudas de mamoneira em substrato contendo lodo de esgoto e casca de amendoim*. *Revista de Oleaginosas e Fibrosas*, v.9, n.1/3, p.887-891, 2005.

LIRA, H. L. Microfiltração do soro de leite de búfala utilizando membranas cerâmicas como alternativa ao processo de pasteurização. *Ciência. Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 29, n. 1, Mar. 2009 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612009000100006&lng=en&nrm=iso>. access on 28 Jan. 2011.

LOPES, A.S. *Manual de fertilidade do solo*, São Paulo: ANDA, POTAFOS. P. 153. 1989.

LUCENA, L .F. L; NEVES, G. A.; NASCIMENTO, J. D.; OLIVEIRA, D. F. Diagnóstico da geração de resíduos da construção civil no Município de Campina Grande. In: *Simpósio Brasileiro De Gestão E Economia Da Construção*, v 4, Encontro Latino-Americano De Gestão E Economia Da Construção, 1., Porto Alegre. Anais. Porto Alegre, 2005.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. (Ed.) *Reúso de Água*. São Paulo: Manole, 2003.

MANKIW, G. N. *Introdução à Economia*. 1. ed., 3. Reimpresso. Thomson Learning: São Paulo, 2007.

MARIA, ISABELLA CLERICI DE; KOCSSI, MARIANA ANSELM E DECHEN, SONIA CARMELA FALCI. Agregação do solo em área que recebeu lodo de esgoto. *Revista Bragantia* [online]. 2007, v.66, n.2, p.291-298. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052007000200013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 10 jul. 2010.

MARQUES, A. O. *Externalidades*. Universidade Federal de Roraima, 2008. Disponível <http://www.ufrr.br/index2.php?opition=com_content&do_pdf=2672>. Acesso em 06 Abr. 2009.

MARTIN-NETO, L.; MILORI, D.M.B.P.; DA SILVA, W.T.L. (Eds.) *Humic Substances and Soil and Water Environment*. São Carlos: Rima, 763p. 2004.

MARTINS, M. CAN: *Brasil poderá suprir demanda por alimentos se resolver gargalos a expansão da produção*. Revisado em: 09/09/2007. Disponível em <http://www.cna.org.br/site/noticia.php?n=20166>. Acesso em 19 set. 2009.

MARECOS DO MONTE, M. H.; MARA, D. D. *Waste stabilization ponds; proceedings*. Specialized Conference on Waste Stabilization Ponds. Lisboa, 29 jun.-2 jul. 1987.

MATOS, M.J.L.F.; TAVARES, S.A.; SANTOS, F.F. DOS; MELO, M.F. DE; LANA, M.M. Milho verde. 2006. Disponível em: http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/milho_verde.htm. Acesso em: set. 2010.

MEDEIROS, M. B.; WANDERLRY, P. A.; FRANKLIN, F.; FERNANDES, F. S.; ALVES, G. R.; DANTAS, P.; CORDÃO, R. P.; XAXIER, W. M. R.; LEAL NETO, J. S. *Uso de biofertilizantes líquidos no manejo ecológico de pragas agrícolas*. Bananeiras, 2004 Disponível em: <<http://rtprac.prac.ufpb.br/mecae/anais%20IIEncontro%20Tem%1tico/trabalhos/BIOFERTILIZANTES.DOC>>. Acesso 18 jun. de 2009.

MEIRA, A. M de. *Gestão de resíduos da arborização urbana*. Tese (Doutorado), p 178. Universidade de São Paulo, Escola Superior Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2010.

MENEZES, R. R., OLIVEIRA, M. F., SANTANA, L. N. L., NEVES, FERREIRA, G. A., H. C., Utilização do resíduo do beneficiamento do caulim para a produção de corpos mulíticos. *Revista Cerâmica*, v.53, n.328, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S036669132007000400009&lng=en&nrm=iso Acesso em: 05 jun 2010.

MENEZES, R. R.; ALMEIDA, R. R.; SANTANA, L. N. L. FERREIRA, H. S.; NEVES, G. A; FERREIRA H. C. Utilização do Resíduo de Beneficiamento do Caulim na Produção de Blocos e Telhas Cerâmicos. Rio de Janeiro: *Revista Matéria*, v.12, n.1, 2007.

METCALF E EDDY. *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*, 3ª ed., McGraw-Hill, 1334 p, 1991.

METCALF E EDDY. *Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse*, 4ª ed., McGraw-Hill, 1819 p, 2003.

METCALF E EDDY. *Water Reuse: Issues, Technologies and applications*. McGraw-Hill, 1st Ed., 1569 p, 2007,.

MICKLEY, M. C. *Membrane Concentrate Disposal: Practices and Regulations*. Denver: US Department of the Interior (Desalination and Water Purification Research and Development Program Report N° 123), 2006.

MIERZWA, J. C. e HESPANHOL, I., *Reuso de Água na Indústria: Uso Racional e Reuso* - São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

MIERZWA, J.C; HESPAÑHOL, I. *Os Processos de Separação por Membranas e o Processo de Troca Iônica*. 2007 Disponível em: <<http://www.tratamentodeesgoto.com.br/informativos/acervo.Php?chave=131&cp=est>> Acesso em 16 maio 2009 .

MORELLI, E. B. *Reuso de água na lavagem de veículos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) 92 p. EPUSP-PHD – São Paulo, 2005.

MOTA, S. *Reúso de águas: a experiência da universidade federal do Ceará*. UFC, Departamento de engenharia hidráulica e ambiental, 2000.

MOTTA, R.S. *Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego*. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

MULLER, A L. Closed Loop Of Rubble? In: *VII Seminário Desenvolvimento Sustentável e a reciclagem na construção civil*, CT-MAB 206, Ibracon, Sao Paulo, June 30, 2006.

NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S.; MELO, E. E. C.; OLIVEIRA, A. B. Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. *Revista Brasileira Ciência do Solo* [online]. 2004, v.28, n.2, p. 385-392 . Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S01006832004000200017&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 25 jun 2009.

NIKAIDO, M. *Uso de águas residuales tratadas em El cultivo de hortalizas: evaluacion de enteroparasitas y metales pesados*, p.138. Dissertação (Mestrado em enfermagem). Universidade de São Paulo, departamento de enfermagem, Ribeirão Preto, 2009.

NOGUEIRA JUNIOR, L.R. Caracterização de solos degradados pela atividade agrícola e alterações biológicas após reflorestamentos com diferentes associações de espécies da Mata Atlântica. 2000. p 50. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de “Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

NOVAES, A. G. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição*. 3ed. Ed. Campus. Rio de Janeiro, 2007.

NUVOLARI, A. *Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola*. Edgard Blucher: São Paulo, 2003.

OKUN, D. A. Realizing the benefits of water reuse in developing countries. *Water & Wastewater InternatIonal*, Houston, v.5, p. 78-82, 1990.

OLIVEIRA, S. M. A e VON SPERLING, M. Avaliação de 166 Etes em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. parte 1 - análise de desempenho. *Revista Engenharia Sanitária Ambiental* [online]. 2005, v.10, n.4 [citado 2010-12-03], p. 347-357 . Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522005000400011&lng=pt&nrm=iso Acesso em: 11 set 2010.

OLIVEIRA, S.M.A.C.; VON SPERLING, M. *Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1: Análise de desempenho*. Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2005.

OLIVEIRA, T. F. *Tratamento de água de abastecimento público por sistema de separação por membrana de ultrafiltração: estudo de caso na ETA Alto da Boa Vista*. 95p. Universidade de São Paulo, engenharia hidráulica e saneamento, 2010.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Directrices sanitárias sobre reuso de águas residuales em agricultura e aquicultura*. Séries de reportagens técnicas. 778 p. OMS, Genebra, 1989.

ONGARATTO, R. S. *Micro e ultrafiltração de suco de pitanga: estudo dos parâmetros de operação e do mecanismo de incrustação*. Campinas, SP: [s.n.]. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2009.

OPPERLANDER, T. *Photochemical Purification of water and Air*. New York: Wiley-vch, 2003.

OZEL, E., TURAN, S., ÇORUH, S., ERGUN, O. N., *Waste Management & Research*. 2006.

PAGANINI, W.S. Reuso de água na agricultura. In: Mancuso, PCS, Santos HF, editores. *Reúso de água*. São Paulo: Manole; p. 339-401. 2003.

PAGLIAI, M; BIISDOM, E.B.A.; LEDIN, S. Changes in surface structure (crusting) after application of sewage slud and pig slurry to cultivated agricultural soils in northern Italy. *Geoderma*, Amsterdam, v.30, p.35-53, 1983a.

PELEGRIN, D. C., *Microfiltração tangencial de efluente sanitário após o tratamento biológico*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

PENTEADO, S.R. *Adubação orgânica: compostos orgânicos e biofertilizantes*. 2ed. Campinas: Viaverde Agroecologia, 150 p, 2006.

PETRUS, J. C. C. *Preparação, Modificação e Caracterização de Membranas Assimétricas para clarificação de suco de frutas*. Campinas. Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 1997.

PINTO, T. P. Reaproveitamento de resíduos de construção. *Revista Projeto*, 98, p.137-138, 1987.

PINTO, T. P. *Perdas de materiais em processos construtivos tradicionais*. São Carlos: Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, 33 p, 1989.

PINTO, T. P. Gestão dos resíduos de construção e de demolição em áreas urbanas – da ineficácia a um modelo de gestão sustentável. In: *Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção: Projeto Entulho Bom*. Salvador: EDUFBA, p. 76–113, 2001.

PINTO, T. P. *Metodologia para a gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Urbana*. Tese (Doutorado). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 1999.

PINTO, T. P. *Relatório PT 1* [juntado ao Processo 2002 – 0120.686- 9 da Prefeitura do Município de São Paulo. São Paulo], 2003.

POHLMANN, M. Tratamento de esgotos sanitários visando reuso. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, 2010.

PORTER, M. E. *Competitive strategy: techniques for analysing industries and competitors*. New York: Free Press, 1980.

PUT J. Recycling of C&DW: success factors. In: *Workshop Reciclagem de Resíduos da Construção e as Normas Técnicas Para Sua Utilização*, São Paulo, 2001.

REEVES, D.W. *The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems*. Soil and Research, v. 43, p. 131-167, 1997.

REIS, G. N.. *Notas sobre urbanização dispersa e novas formas de tecido urbano*. São Paulo: Via das Artes, p201, 2006.

RICCI, G. *Estudo de características mecânicas do concreto compactado com rolo com agregados reciclados de construção e de demolição para pavimentação*, p 196. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes), São Paulo, Universidade de São Paulo, 2007.

RUBENSTEIN, D.B. *Environmental Accounting for the Sustainable Corporation*. Strategies and Techniques, Quorum Books, Westport. 1994.

SABATA, R.J.; MASON, S.C. Corn hybrid interactions with soil nitrogen level and water regime. *Journal of Production Agriculture*, v.5, p.137-142, 1992.

SANASA. *Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento*. Disponível em: <<http://www.sanasa.com.br>> Acesso em 02 dez. 2010.

SANEPAR. *Programa de utilização agrícola do lodo de esgoto no estado do Paraná*. Paraná: Sanepar, p 21, 2007.

SANTOS, G. D. *Avaliação do maracujazeiro – amarelo sob biofertilizantes aplicados ao solo na forma líquida*. Areia. 74p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Centro de ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2004.

SANTOS, J. V.; GIGANTE, D. P.; DOMINGUES, M. R.. Prevalência de insegurança alimentar em Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, e estado nutricional de indivíduos que vivem nessa condição. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, Jan. 2010 . Disponível em: <http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2010000100005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 29 abr. 2010.

SANTOS, L. M.; SIMÕES, M. L.; SILVA, W.T.; MILORI, D.M.B.P; MONTES, C.R.; MELFI, A.J; MARTIN-NETO, L. Caracterização química e espectroscópica de solos irrigados com efluente de esgoto tratado. *Eclética Química*. [online]. 2009, v.34, n.1, p.39-44. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100467020090001000006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 21 dez 2009.

SANTOS, M. (2002) Impacto da cobrança pelo uso da água no comportamento do usuário. 231 p. Tese (Doutorado) – Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COOPE, 2002.

SANTOS, M. R. A.; TIMBO, A. L. O.; CARVALHO, A. C. P. P.; MORAIS, J. P. S. Avaliação de substratos e adubos orgânicos na aclimatização de plântulas de *Heliconia psittacorum*. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, vol.39, n.10, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2004001000014&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 14 ago 2010.

SANTOS, R.M.F. *Pós-Tratamento de Esgoto: Sistema Sequencial de Leitos Cultivados (constructed wetlands) Vertical e Horizontal*, 183 p. Campinas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2009.

SARTORATO, A., RAVA, A. C., FARIA, C. J. *Sistemas de Produção cultura do feijão*. Embrapa Arroz e Feijão, versão eletrônica, 2003.

SATOLO, E.G; CALARGE, F.A. *O conceito de Contabilidade de Custos Ecológicos no contexto da sustentabilidade*. XV Simpósio de engenharia de produção. 2008.

SCHLENKER, W.; HANEMANN, W.M.; FISHER, A.C. *Water availability, degree days and the potential impact of climate change on irrigated agriculture in California*. Climatic Change, v.81, p.19-38, 2007.

SCHNEIDER, R.P.; TSUTTIYA, M.T. *Membranas filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reuso*, 1ed, São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 234 p, 2001.

SENAR. *Criação de minhocas e produção de húmus*. Federação da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul, 1994.

SHENDE, G. B. Status of wastewater treatment and agricultural reuse with special reference to Indian experience and research and development needs. In: *FAO Regional Seminar on the Treatment and Use of Sewage Irrigation*. Rome: FAO, 1985.

SILVA R. R. *Avaliação sócio-ambiental do uso de efluente de esgoto tratado na irrigação de culturas no município de Lins – SP*. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, Universidade de São Paulo, 2008.

SILVA, A., Farias, M. G. *Ecodesign e Lean Manufacturing um apoio para o Designer na Concepção de Novos Produtos*. São Bento do Sul – Centro de Ensino do Planalto Norte – Universidade do Estado de Santa Catarina. Trabalho de Conclusão de Curso, 2007.

SILVA, G. C. S.; MEDEIROS, D. D. Metodologia de checkland aplicada à implementação da produção mais limpa em serviços *Revista Gestão e Produção* [online]. v.13, n.3, p.411-422, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2006000300005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 out 2009.

SILVA, M.C.C. *Clarificação do concentrado gerado no tratamento de água por ultrafiltração: estudo de caso na Represa do Guarapiranga*. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SILVA, N.; NETO, R. C.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. de A. *Manual de métodos de análise microbiológica de água*. São Paulo: Livraria Varela, p 165, 2005.

SILVA, V. A. R. *Reuso de água em indústria de autopeças* - Campinas, SP: [s.n.], Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2010.

SILVA, W. M.; SOUZA, L. O.; SILVA, A. M. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE GOIÂNIA GO. *Enciclopédia biosfera*, centro científico conhecer - Goiânia, vol.6, n.10, 2010.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Cultivo do feijoeiro comum. *Embrapa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção, 2. Versão eletrônica*, Jan. 2003. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/CultivodoFeijoeiro/irrigacao.htm>. Acesso em 28 Maio 2010.

SOUSA, A. F. S. *Diretrizes para implantação de sistemas de reuso de água em condomínios residenciais baseadas no método APPCC – análise de perigos e pontos críticos de controle: estudo de caso residencial Valville*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária). Universidade de São Paulo, 2008.

SOUSA, J. T. de; CEBALLOS, B.S.O; D; HENRIQUE I. N. DANTAS, J.P; SUZANA, M.S.L. Reúso de água residuária na produção de pimentão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.10,n.1, p. 89-95, 2006.

SOUZA, NEYLIANE C.; MOTA, S.B.; BEZERRA, B.F.A; SANTOS, A.B. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental* [online]. 2010, v.14, n.5, p. 478-484 . Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662010000500004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 30 de nov 2010.

SOUZA, S. B. S. *Irrigação por infiltração com efluente de lagoa anaeróbia em solo cultivado com milho (Zea mays L.)*. Campinas, SP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, 2004.

STEVENSON, F.J. *Cycles of soil: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients*. New York: John Wiley, 380 p, 1986.

STEVENSON, F.J. *Humics Chemistry: Genesis, composition, reactions*. New York: John Wiley, 443 p, 1994.

TAL, A. Seeking sustainability: Israel's evolving water management strategy. *Science, Washington*, v. 313, p.1081-1084, 2006.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H.D. *Wastewater engineering, treatment and reuse*. 4th ed./revised. Nova Iorque: Metcalf & Eddy Inc. McGraw-Hill. 1819 p, 2003.

TOMA, R. S. Efeito da aplicação de composto orgânico sobre o processo de encrostamento e a recuperação de solos degradados pela erosão hídrica. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.

TOMAZELA, M.; DANIEL, L. A.; FERREIRA, J. C. Administração limpa e enxuta em sistemas hidráulicos de colhedoras de cana-de-açúcar. *Engenharia Agrícola* [online].

2010, vol.30, n.2, p. 358-366 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000200018&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 nov 2010.

TOMAZONI, A. M., PINTO, J. E. S., SILVA, H. P., *Geo Textos*, vol. 5, n. 2, dez 2009.

TONON, D. *Desinfecção de efluentes sanitários para a agricultura*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Unicamp, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2007.

TUCCI, C.E. M. ; MARQUES, D.M. (orgs). *Avaliação e controle da drenagem Urbana*. Editora da UFRGS 512 p, 2000.

UNEP (1989) UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. *P + L*, 1989. Disponível em <<http://www.unep.org>>. Acesso em: 07 de Maio de 2009.

UNEP, *Understanding Cleaner Production*. Disponível em: <http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/home.htm> Acesso em 8 março de 2009.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION – UNIDO. *Produção mais Limpa*. Disponível em <<http://www.unido.org/doc/4460>>. Acesso em: 09 de Setembro de 2009.

VARALLO, A. C. T., CARVALHO, L., SANTORO B. L. & SOUZA C. F. Alterações nos atributos de um Latossolo Vermelho-amarelo irrigado com água de reuso. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.14, n.4, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S141543662010000400005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 jul 2010.

VAZ, L.M.S.; GONÇALVES J.L.M. Uso de biossólido em povoamento de eucalipto: efeito em atributos químicos do solo, no crescimento e na absorção de nutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, n.3, p.747-758, 2002.

VICKERS, A; POSTEL, S. Incrementando a produtividade hídrica. In: MALLET, H.; MALLET, C. *Estado do mundo 2004: estado do consumo e o consumo sustentável*. Salvador: UMA, p. 55-81, 2004.

VICKERS, J. C. Introduction. In: AWWA. *Microfiltration and Ultrafiltration Membranes for Drinking Water*. 1st ed. American Water Works Association, p.17, 2005a.

VICKERS, J. C. Membrane System Design Concepts. In: AWWA. *Microfiltration and Ultrafiltration Membranes for Drinking Water*. 1st ed. American Water Works Association, p. 165-186, 2005b.

VIDAL, C.M.S. *Avaliação da microfiltração tangencial como alternativa de tratamento avançado de efluente gerado em sistema de tratamento de esgoto sanitário*

constituído de reator UASB (UPFLOW ANAEROBIC SLUDGE BLANKET) seguido de tanque de aeração. São Carlos, 193 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.

VOGEL, A. I. *Análise química quantitativa*. 5. ed Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 712 p, 1992.

VON BRAUN J. *Rising food prices: what should be done?* IFPRI Policy Brief. Disponível em: <http://www.ifpri.cgiar.org/pubs/bp/bp001.pdf> Acesso em Jul. 2009.

VON BRAUN, J. *Food prices, biofuels and climate change*. Apresentação em PowerPoint, fev. 2008.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, 243p. 2ª Edição, Belo Horizonte, 1996.

VON SPERLING, M. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, v.01. Minas Gerais: ABES, 1995.

WAGNER, J. *Membrane Filtration: Handbook practical and hints*. Osmonics Inc. November, 2001.

WATANABE, A. P. *Microfiltração de suco de tamarindo (Tamarindus indica L.) por membrana polimérica: efeito do tratamento enzimático, da velocidade tangencial e da pressão transmembrana*. Dissertação (Mestrado em Química). Campinas, SP: [s.n.]. Universidade Estadual de Campinas, 2007.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, n. 5, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100204X2005000500010&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 03 maio 2010.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*. 218 p, 2006.

YAMANISHI, O.K.; FAGUNDES, G. R.; FILHO, J. M.; VALONE, G. V. Efeito de diferentes substratos e duas formas de adubação na produção de mudas de mamoeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.26, n.2, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010029452004000200023&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01 jun 2009.

YAO, K. M. Theoretical study oh high-rate sedimentation. *Journal Water Pollution Control Federation*. Washington. V 42, number 2 part 1, p. 218-228, february. 1970.

YOKOYAMA, L. P. Cultivo do feijoeiro comum. *EMBRAPA Arroz e feijão*, 2003. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/Cultivo do Feijoeiro/ importancia.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/Cultivo%20do%20Feijoeiro/importancia.htm)> Acesso em: 19 mar. 2009.

ZAPPAROLI I, et .al., *O Adubo orgânico proveniente de resíduos sólidos de estações de tratamento de esgoto*. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - Puc/SP, 2008.

ZHANG, F.; MACKENZIE A.F.; SMITH, D.L. Nitrogen fertilizer and protein, lipid, and non-structural carbohydrate concentrations during the course of maize kernel filling. *Journal of Agronomy & Crop Science*, v.172, p.171-181, 1994.

ZHANG, Y.; CHEN, X. Review of water reuse practices and development in China, *Water Science & Technology*. London, v.55, n.1-2, p.495-502, 2007.

ZORDAN, S. E.; PAULON, V. A. *A Utilização do Entulho como Agregado na Confecção do Concreto*. Campinas: Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Departamento de Saneamento e Meio Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 1997.

ANEXO A

PUBLICAÇÕES

Artigos completos publicados em periódicos

GIRAÇOL, J. ; PASSARINI, K. C. ; SILVA-FILHO, S. C. ; CALARGE, F. A. ; SANTANA, J. C. C. . Uma Política CCE baseada no Processo de Produção de Biodiesel pelo Reuso do Óleo de Frituras da Cidade de São Paulo. *INGEPRO*, v. 2, p. 59-68, 2010.

Trabalhos completos publicados em anais de congressos

PASSARINI, K. C. ; FARIAS, T. M. B. ; LEVY, S. M. ; VANALLE, R. M. ; SANTANA, J. C. C. . REUSO DO ENTULHO NO TRATAMENTO DE ESGOTO E NA RECUPERAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS. In: SHEWC 2010 X Safety, Health and Environmental World Congress, 2010, São Paulo - SP. *Proceedings of SHEWC 2010 X Safety, Health and Environmental World Congress*. São Paulo - SP : Editora da Universidade Mackenzie, v. 1. p. 415-418, 2010.

PASSARINI, K. C. ; FARIAS, T. M. B. ; LEVY, S. M. ; VANALLE, R. M. ; TAMBOURGI, Elias Basile ; SANTANA, J. C. C. . REUSO DO ESGOTO NA IRRIGAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS. In: XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ'2010, 2010, Foz do Iguaçu - PR. *Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ'2010*. São Carlos - SP : Cubo Multimídia, v. 1. p. 1-10, 2010.

GIRAÇOL, J. ; PASSARINI, K. C. ; TAMBOURGI, Elias Basile ; CALARGE, F. A. ; SANTANA, J. C. C. . BIODIESEL MANUFACTURE FROM COOKING OIL AS AN ECOLOGICAL SOLVER FOR SÃO PAULO. In: Safety, Health and Environmental World Congress - SHEWC 2009, 2009, Mongaguá - SP. *Proceeding of SHEWC 2009*. Santos - SP : Editora do COPEC, v. 1. p. 1-4, 2009.

PASSARINI, K. C. ; LEVY, S. M. ; VANALLE, R. M. ; TAMBOURGI, Elias Basile ; SANTANA, J. C. C. . RECUPERAÇÃO DE SOLOS ATRAVÉS DO REUSO DE AGREGADOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E EFLUENTES DOMÉSTICOS. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP2009, 2009, Salvador. *Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Salvador - BA : Editora da UFBA, v. 1. p. 1-10, 2009.

GIRAÇOL, J. ; PASSARINI, K. C. ; SILVA-FILHO, S. C. ; CALARGE, F. A. ; SANTANA, J. C. C. . Uma Política CCE baseada no Processo de Produção de Biodiesel pelo Reuso do Óleo de Frituras da Cidade de São Paulo. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP2009, 2009, Salvador - BA. *Anais do XXIX*

Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Salvador - BA : Editora da UFBA, v. 1. p. 1-10, 2009.

PASSARINI, K. C. ; LEVY, S. M. ; VANALLE, R. M. ; SANTANA, J. C. C. . RECUPERAÇÃO DE SOLOS ATRAVÉS DO REUSO DE AGREGADOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E EFLUENTES DOMÉSTICOS. In: 34 Congresso Nacional de Sistemas Particulados - *ENEMP2009*, 2009, Campinas - SP. Anais do ENEMP'09. Campinas - SP : Cubo Multimídia, v. 1. p. 1-6, 2009.

PASSARINI, K. C. ; LEVY, S. M. ; VANALLE, R. M. ; SANTANA, J. C. C. . APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS E RECUPERAÇÃO DE SOLOS. In: 34 Congresso Brasileiro de sistemas Particulados - *ENEMP'2009*, 2009, Campinas - SP. Livro de resumo do ENEMP'2009. Campinas - SP : EDUNICAMP, v. 1. p. 1-1, 2009.

PASSARINI, K. C. ; LEVY, S. M. ; VANALLE, R. M. ; TAMBOURGI, Elias Basile ; SANTANA, J. C. C. . Avaliação RSM do Crescimento De Feijão Carioca Em Humos Obtidos Pelo Reuso De Esgoto E De Rejeitos Da Construção Civil. In: 8 Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos - *SLACA*, Campinas - SP. Anais do VIII SLACA. Campinas : EDUNICAMP, v. 1. p. 1-1, 2009.

Apresentações de Trabalho

PASSARINI, K. C. ; LEVY, S. M. ; VANALLE, R. M. ; SANTANA, J. C. C. . *Aplicação de resíduos da construção civil no tratamento de efluentes domésticos e recuperação de solos*. 2009. (Apresentação de Trabalho).

PASSARINI, C. K; *Qualidade de águas pluviais* – USP, São Carlos – Congresso de graduação. Setembro de 2008.

PASSARINI, C. K; CORAUCCI FILHO, B; MEDEIROS, C. A. M.; *Desinfecção de efluente sanitário por cloração (hipoclorito de sódio) para possível reuso na agricultura, ETE Lopes, Limeira – SP*. UNICAMP. XIII Congresso interno de Iniciação científica, UNICAMP. 26 e 30 de Setembro de 2005.

PASSARINI, C. K; CORAUCCI FILHO, B.; MEDEIROS, C. A. M.; *Desinfecção de efluente sanitário por cloração (hipoclorito de sódio) para possível reuso na agricultura, ETE Lopes, Limeira – SP*. UNICAMP. Trabalho de monografia. 12/2004.

PASSARINI, C. K, CORAUCCI FILHO, B. *Desinfecção de efluente sanitário por ozonização*. XII Congresso interno de Iniciação científica, UNICAMP – 22 a 23 de setembro de 2004.

PASSARINI, C. K, *Estratégia educativa: Utilização de materiais recicláveis como apoio pedagógico para o ensino infantil e fundamental*. Congresso de Meio Ambiente, Goiás – setembro de 2004.

PASSARINI, C. K, CORAUCCI FILHO, B. *Desinfecção de efluente pós-tratado utilizando chicana e hipoclorito de cálcio*. XI Congresso interno de Iniciação científica, UNICAMP – 25 e 26 de Setembro-2003.

CORAUCCI FILHO, B.; GUIMARÃES, J. R.; FIGUEIREDO, R. F.; STEFANUTTI, R.; VIEIRA, D. B.; PASSARINI, K. C.; SOUZA, S. B. S.; BERTONCINI, E. I. . Edital CNPq/CT-Hidro 01/2001: *tratamento alternativo de esgoto sanitário: reuso do efluente tratado em atividades agrícolas*. 2002.