

Dossiês das Tecnologias

Versão Preliminar



Dezembro de 2007

O *Dossiê de Tecnologias* teve como objetivo reunir, sintetizar e documentar as experiências das Instituições parceiras do Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água, a fim de subsidiar a elaboração de materiais pedagógicos como *folders*, cartazes, *banners*, cadernos técnicos e manuais metodológicos.

Este documento é fruto de anos de trabalho, esforço e dedicação de inúmeros profissionais que atuam na área Ambiental, com ênfase em Recursos Hídricos. A partir da experiência adquirida, selecionaram-se algumas tecnologias direcionadas a uma problemática local, que se acredita serem capazes de minimizar impactos e proteger nosso patrimônio: *a água*. Cada objetivo específico do Projeto possui uma ou mais tecnologias.

A metodologia empregada para a elaboração do Dossiê compreendeu seis etapas: (1) *Identificação da equipe* associada à tecnologia, na qual registraram-se nomes, responsabilidades específicas e disponibilizou-se o currículo resumido destes profissionais; (2) *Descrição da problemática social* a qual está associada à tecnologia, cujo foco foi a descrição de impactos e conflitos, bem como a recolhimento de dados e análises nacionais e internacionais que ajudassem a mostrar a relevância local; (3) *Economia de experiência* da tecnologia, onde procurou se apresentar o histórico da tecnologia, com a evolução dos conceitos, materiais, métodos, resultados e metodologias desenvolvidos pela UFSC, Epagri e Embrapa; (4) *Descrição detalhada da tecnologia*, com modelos, fotos, processos, metodologias, desenhos, fluxos; (5) *Descrição da aplicação da tecnologia*, mostrando os pilotos, proprietários, equipamentos, comunidades, escolas, processos, tempos e ciclos relacionados à sua aplicação; e (6) *Resultados esperados*, com a identificação e revisão dos resultados a serem obtidos pela aplicação da tecnologia, além da relação dos resultados esperados com os objetivos específicos e o objetivo geral do projeto.

Agradecemos a todos que se empenharam na elaboração deste *Dossiê de Tecnologias* e temos certeza de que este trabalho será de fundamental importância na concretização dos objetivos deste Projeto.

1. Equipe



Dr. Hamilton Justino Vieira – Coordenador da Equipe

Eng. Agrônomo – UFPel. Coordenador do setor de Agrometeorologia do Ciram – Epagri. Responsável pela rede de monitoramento hidrometeorológico do Estado de Santa Catarina. Mestre em Agronomia (USP). Doutor em Agrometeorologia (Universidade de Hohenheim, Alemanha). No projeto, responde pela implantação da rede de estações hidrológicas automáticas na Bacia do Araranguá (PluvioLoggers), viabilizada com auxílio das prefeituras municipais da região. *e-mail: vieira@epagri.sc.gov.br*



Dr. Flávio Bréa Victoria

Eng. Agrônomo – UFPel. Pesquisador do Centro de Informações em Recurso Ambientais e Recursos Hídricos de Santa Catarina (Ciram- Epagri). Diretor de Recursos Hídricos da Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável de Santa Catarina. Mestre em Irrigação e Drenagem (Esalq/USP). Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos. (Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, Portugal). *e-mail: fbvictoria@epagri.sc.gov.br*



Dr. Álvaro José Back

Eng. Agrônomo – UFSC. Pesquisador da Epagri e professor titular da Universidade do Extremo Sul Catarinense. Mestre em Engenharia Agrícola (UFV). Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (UFRGS). *e-mail: ajb@epagri.sc.gov.br*



Dra. Patrícia Sfair Sunye

Bióloga – PUCPR. Oceanógrafa da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Rural Sustentável do Estado de Santa Catarina (FUNDAGRO) e da Epagri. Mestre em Oceanografia Biológica (FURG). Doutora em Oceanografia Biológica (Université de Bretagne Occidentale, França). Pós-doutorado pela Epagri. *e-mail: sunye@epagri.sc.gov.br*



Dr. João Rosaldo Vollert Junior

Eng. Mecânico – UFSC. Consultor da Epagri. Possui especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Mestre em Engenharia de Produção (UFSC). Doutor em Engenharia de Produção e Sistemas (UFSC). *e-mail: vollert@epagri.sc.gov.br*



MSc. Lúcia Moraes Kinceler

Bel. em Ciência da Computação – UFSC. Analista de sistemas da Epagri. Mestre em Sistemas Agrícolas: Uso e Gerenciamento da Terra (Purdue University, EUA). *e-mail: kinceler@epagri.sc.gov.br*



MSc. Mauro Silvio Rodrigues

Eng. Eletricista – EFEI. Engenheiro eletricista do Ciram/Epagri/Fundagro. Mestre em Engenharia da Energia (Universidade Federal de Itajubá). *e-mail: maurol@epagri.sc.gov.br*



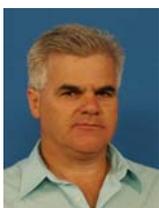
MSc. Marcos Santos Zarbato

Tecnólogo em Processamento de Dados - FURB. Administrador de rede da Epagri. Mestre em Ciência da Computação (UFSC).
e-mail: zarbato@epagri.sc.gov.br



MSc. Benjamín Luiz Franklin

Analista de Sistemas – UNIP. Consultor da FUNDAGRO e Proprietário e Gerente de TI da Benjamim Franklin Com. e Serviços de Informática Ltda. ME. Mestre em Engenharia de Software (IPT, São Paulo/SP).
e-mail: belfra@epagri.sc.gov.br



Renato Bréa Victoria

Bel. em Meteorologia - UFPel. Meteorologista do Convênio Epagri/INMET. Especialista em Ciências Atmosféricas (UFPB).
e-mail: renatovictoria@epagri.sc.gov.br



Patrick Padilha

Bel. em Ciência da Computação - Faculdades Integradas Univest, Lages. Analista de Sistemas/Programador da Epagri.
e-mail: patrick@epagri.sc.gov.br



Joelma Miszinski

Bel. em Ciência da Computação - UNIVALI. Analista de sistemas da JTI Processamento de Dados Ltda ME. Possui especialização em Meteorologia (Escola Técnica Federal de Santa Catarina).
e-mail: Joelma@epagri.sc.gov.br



Eduardo Nathan Antunes

Bel. em Ciência da Computação – UNIVALI. Analista de Sistemas da FUNDAGRO.
e-mail: nathan@epagri.sc.gov.br



Dilce Griss Juttel

Graduada em Letras Português – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Palmas-PR. Graduada em Administração de Empresas/Habilitação em Marketing - Faculdade Decisão de Florianópolis-SC.
e-mail: griss@epagri.sc.gov.br



Maiko Eskelsen

Bel. em Ciências da Computação pela Universidade Federal de Santa Catarina.
e-mail: maiko@epagri.sc.gov.br



Adriano Regis

Graduado em Tecnologia em Sistemas Eletrônicos pelo CEFET/SC

e-mail: adrianoregis@epagri.sc.gov.br



Graciele Batistel

Graduanda em Tecnologia em Sistemas Eletrônicos

e-mail: gracieli@epagri.sc.gov.br



Gustavo Becker Ventura

Graduando em Tecnologia em Sistemas Eletrônicos

e-mail: gbventura@epagri.sc.gov.br



Roberto Carlos Silveira

Técnico em Eletrotécnica pelo CEFET/SC

e-mail: bob@epagri.sc.gov.br

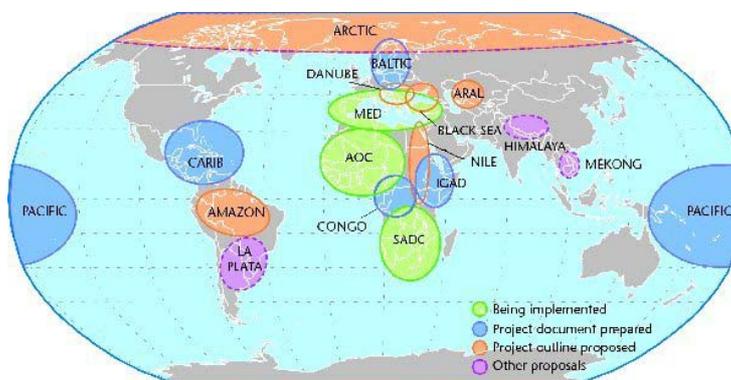


2. Descrição da problemática social

A pressão sobre os recursos hídricos aumentou rapidamente ao longo do último século. Em 1997, estimou-se que um terço da população mundial vivia em condições de stress hídrico, e a expectativa é de que esta proporção se eleve para dois terços em 2025. A demanda do recurso água aumenta junto com a taxa de poluição, que reduz a quantidade de água disponível com qualidade apropriada. A competição entre o uso da água para a cultura irrigada e para a produção de energia hidrelétrica é comum em vários países. Em torno de 300 bacias hidrográficas são partilhadas por duas ou mais nações, e a concorrência entre elas poderá se tornar uma fonte de grandes conflitos no futuro.

Nestas condições, o planejamento e a tomada de decisão envolvendo os recursos hídricos devem atingir novos níveis de aperfeiçoamento, confiabilidade e rapidez. Isto exige informações adequadas, rápidas, precisas e exaustivas sobre a situação dos recursos, que complementarão as informações sobre as dimensões econômica, social e ambiental do uso da água. Infelizmente, em várias regiões, os sistemas de coleta e gestão de informações sobre a água são insuficientes, em muitos casos obsoletos ou em deteriorização. A falta de recursos para manter as estações de observação, a diversidade de técnicas de coleta de dados, as variações nos procedimentos de controle de qualidade e normas segundo instituições e países, a falta de confiabilidade dos sistemas de telecomunicações e o caráter antigo dos sistemas de gestão da informação são dificuldades adicionais.

Cabe à Organização Meteorológica Mundial (OMM) estabelecer as bases de cooperação entre os diferentes países no que se refere ao monitoramento integrado dos recursos hídricos, como também auxiliar a manutenção e aprimoramento dos sistemas de coleta de informações hidrometeorológicas. Isto é feito através de programas de transferência de tecnologia e de formação de corpo técnico, ao estímulo à colaboração entre serviços meteorológicos e hidrológicos e troca a nível mundial de dados e informações. Para atender a estes objetivos, a OMM criou em 1993 o Sistema Mundial de Observação do Ciclo Hidrológico (WHYCOS). Composto de sistemas regionais (HYCOS) instalados pelos países que participam desta ação, o WHYCOS servirá para complementar os esforços nacionais visando fornecer as informações necessárias para a gestão dos recursos hídricos.



Sistemas Regionais de Observação do Ciclo Hidrológico (HYCOS) que compõem a rede WHYCOS (Sistema Mundial de Observação do Ciclo Hidrológico) criada pela OMM. Santa Catarina situa-se no Sistema La Plata – HYCOS (Fonte: WHYCOS Homepage).



Por ser o Brasil um país com uma das maiores disponibilidades hídricas do planeta (12%), a gestão dos recursos hídricos sempre esteve em evidência. Esta gestão tem sido feita tanto na obtenção de dados básicos das bacias hidrográficas como, atualmente, na gestão integrada destes recursos. Dois sistemas regionais participam do WHYCOS: o Amazônia – HYCOS, cuja proposta de projeto já foi apresentada e consiste basicamente na integração de 150 plataformas de coleta de dados brasileiras que existem na Amazônia; e o La Plata – HYCOS, cuja proposta ainda permanece em estágios iniciais de discussão entre os Países da Bacia do Prata: Bolívia, Paraguai, Uruguai, Argentina e Brasil, e cuja área de atuação incluirá também o estado de Santa Catarina.

Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

No Brasil, a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos pela Lei nº 9.433/1997 ocasionou uma demanda extraordinária de estudos hidrológicos para fundamentar solicitações de outorga e permitir variadas análises técnicas. Estas ações exigem um conhecimento profundo do regime hidrológico do curso d'água, que por sua vez requer informações de campo confiáveis.

Ao longo de décadas, as diferentes políticas dos Estados e da União relacionadas ao gerenciamento dos recursos hídricos resultaram na criação e extinção de várias instituições. Como consequência, dados e informações sobre recursos hídricos se dispersaram ou foram perdidos. Estas instituições realizavam a coleta e o tratamento dos dados utilizando diferentes metodologias, o que acabou inviabilizando a integração dos mesmos em um único sistema.

O modelo de gestão que se busca fortalecer no país determina a unificação dos dados e informações sobre recursos hídricos por meio de um sistema de informações, denominado Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), com o objetivo de preservar a integridade dos dados e democratizar o acesso aos mesmos. Cabe aos Poderes Executivos Estaduais e do Distrito Federal em sua esfera de competência implantá-lo e geri-lo, em âmbito estadual e do Distrito Federal.

Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos

Santa Catarina também possui um Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos instituído pela lei nº 9.022/1993. Sabe-se que é de sua competência propor as diretrizes para o Programa Estadual de Defesa Contra as Cheias e promover, prioritariamente, a integração dos programas e atividades governamentais e privadas de abastecimento urbano e industrial, irrigação e drenagem, pesca, transporte fluvial, aproveitamento hidrelétrico, uso do solo, hidrossedimentologia, controle de cheias, meio ambiente, hidrologia, meteorologia, lazer, saneamento e outros correlatos.

Política Estadual de Recursos Hídricos

No ano de 1994, a Política Estadual de Recursos Hídricos foi instituída pela lei nº 9.748/1994. Esta política tem como princípios fundamentais:



- o gerenciamento integrado, descentralizado e participativo dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos quantitativos e qualitativos e das fases meteórica, superficial e subterrânea do ciclo hidrológico;
- as bacias hidrográficas como unidades básicas de planejamento do uso, conservação e recuperação dos recursos hídricos;
- e o reconhecimento da água como um bem público de valor econômico, cuja utilização deve ser cobrada, com a finalidade de gerar recursos para financiar a realização das intervenções necessárias à utilização e à proteção dos recursos hídricos.

A mesma política tem como diretriz, assegurar os meios financeiros e institucionais para a implantação de sistema de alerta e defesa civil para garantir a segurança e a saúde, quando de eventos hidrológicos indesejáveis, em conjunto com os municípios.

Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos

O Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos (SEIRH), como o próprio nome indica é de responsabilidade de cada Estado do país, é parte integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH). No âmbito da administração estadual cabe ao órgão gestor dos recursos hídricos a coordenação das ações necessárias para implementação e manutenção do SEIRH.

O SEIRH deve agregar os mecanismos necessários para aquisição, manutenção, atualização, processamento e disponibilização dos dados sobre estes recursos e fatores intervenientes em sua gestão. Existem dados, contudo, que irão requerer um esforço permanente do órgão gestor para serem adquiridos, seja pelo desenvolvimento dos processos de coleta no âmbito de sua estrutura, seja através da colaboração de outras instituições.

Exemplos disto são as informações quantitativas e qualitativas, tais como os dados hidrometeorológicos, de qualidade da água e níveis de reservatórios. Assim, dada a heterogeneidade dos processos de coleta e tratamento dos dados existentes nas diferentes instituições, a estruturação de um SEIRH requer, em geral, investimentos na melhoria e padronização das estruturas existentes nestas instituições, bem como na criação de novas estruturas para a aquisição destes dados.

Uma vez estruturado, o SEIRH, de acordo com sua finalidade e abrangência, dará suporte às ações de um comitê de bacia, ao Sistema Estadual ou Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, aos demais instrumentos da Política de Recursos Hídricos e à quase totalidade das ações de gestão integrada.

A organização dos dados e informações, a partir do aprimoramento da coleta e tratamento de dados, geração, disponibilização e efetivo uso em prol do desenvolvimento racional dos recursos hídricos é considerada por técnicos, gestores e sociedade em geral, uma das importantes ações a serem aprimoradas no país.



3. Economia da experiência da tecnologia

No Estado de Santa Catarina, fenômenos meteorológicos e hidrológicos extremos, como inundações e estiagens, são freqüentes. Além de causar a perda de vidas humanas, trazem grandes prejuízos para as atividades econômicas. No setor primário, cuja produção depende diretamente do clima, são registradas as maiores perdas. Santa Catarina é o quinto colocado na produção de alimentos do país, e um dos maiores produtores de maçã, alho, cebola, arroz, suínos, aves, mexilhões e ostras. Como nestas atividades, o clima e o regime hidrológico interferem tanto na produção como na produtividade, a evolução da agricultura no Estado sempre esteve associada ao desenvolvimento de informações sobre zoneamento agroclimáticos que orientassem a implantação de diferentes culturas no Estado.

Na década de 70, a Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária (EMPASC), hoje Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), iniciou a organização de uma rede de estações meteorológicas, objetivando a elaboração de zoneamentos agroclimáticos de culturas agrícolas promissoras em seu território.

Nos anos seguintes, novas iniciativas culminaram com o desenvolvimento do Banco de Dados Agrometeorológicos em computadores de grande porte (CIASC-IBM) no ano de 1984. A implantação de estações meteorológicas com o objetivo de promover o adensamento da rede, sanando as lacunas deixadas pelos órgãos federais, começou logo depois. Para supervisionar a coleta de informações meteorológicas nas estações foi implantado um sistema de coleta e difusão de informações. Os dados meteorológicos eram enviados diariamente para o Centro de Pesquisas para Pequenas Propriedades (CPPP) da EPAGRI.

Em 1995, a rede automática começou a ser implantada. Desde então, a Epagri vem monitorando de maneira efetiva a atmosfera, os rios e o mar de Santa Catarina e Estados vizinhos, em cooperação com outras Instituições nacionais e internacionais. O banco de dados hidrometeorológico da Epagri possui aproximadamente um século de dados de clima e hidrologia.

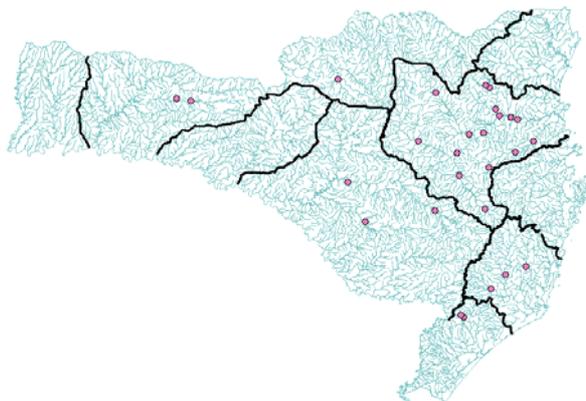
Esta mudança tecnológica possibilitou o monitoramento e a criação de alertas em tempo real, aumentando com isso consideravelmente o fluxo de dados na instituição. Este imenso fluxo de informações pode estar a serviço do monitoramento de eventos hidrológicos extremos, desde que um sistema automatizado verifique a base de dados, extraíndo informações relevantes para tomada de decisões e alertando os respectivos responsáveis por ações contingentes, por e-mail e celular.

Segundo informações da Agência Nacional de Águas (ANA, 2003), a rede de estações de Santa Catarina representa 16,6% da rede da Região Sul e 1,13% da Brasileira. As duas grandes vertentes catarinenses (a Vertente do Interior e a Vertente Atlântica) são monitoradas por estações hidrológicas convencionais: 246 estações pluviométricas e 187 fluviométricas, que representam 2,7 e 4,1% das estações brasileiras respectivamente.

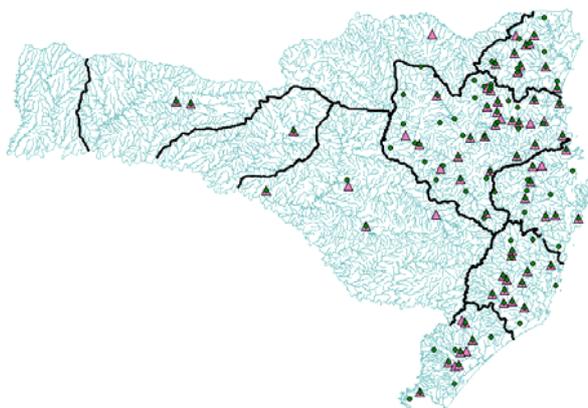
As estações pluviométricas monitoram as chuvas incidentes no Estado, enquanto as fluviométricas registram a variação do nível dos rios em resposta a essas precipitações. Mais de 50% destas estações são de responsabilidade da ANA e o restante de outras entidades, desde empresas privadas (Tractebel Energia, Enercan, pequenas centrais hidrelétricas) a estaduais (Celesc, Casan, Prefeituras).



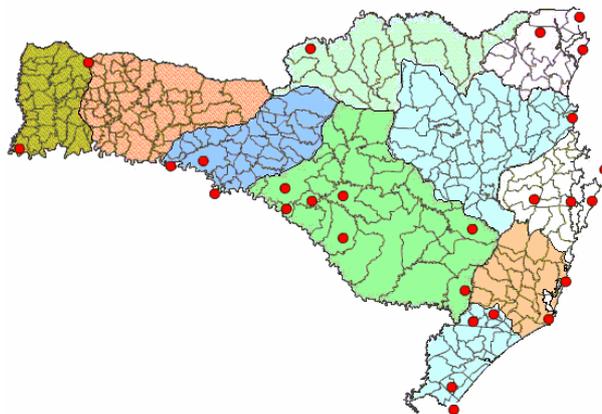
Da rede de monitoramento hidrológico que se tem conhecimento no Estado foram selecionadas estações de responsabilidade do governo federal (ANA) e do governo estadual (Casan e Celesc). Estas estações já são operadas pela Epagri desde 2001: 110 estações pluviométricas e 77 estações fluviométricas, das quais 28 são estações automáticas. A rede de monitoramento da Epagri é composta por 45 estações meteorológicas completas, sendo 23 automáticas.



Rede de monitoramento hidrológico automático de Santa Catarina sob a gestão da Epagri, composta por 28 estações.



Rede de monitoramento hidrológico convencional de Santa Catarina sob a gestão da Epagri, composta por 23 estações.



Rede de monitoramento meteorológico automático de Santa Catarina sob a gestão da Epagri, composta por 27 estações.



4. Descrição detalhada da tecnologia

A chuva é um parâmetro meteorológico importante, pois representa a principal forma de suprimento hídrico para as atividades humanas e econômicas, principalmente aquelas desenvolvidas a céu aberto, como a agricultura. A precipitação apresenta grande variabilidade no tempo e no espaço, sendo fundamental a caracterização do seu padrão local. No entanto, isto só é possível a partir de uma densa rede de pluviômetros.

O pluviômetro consiste num aparelho que mede a quantidade de chuva precipitada em um determinado local e período. Esta quantidade é expressa pela altura de água acumulada, normalmente em milímetros (mm), sobre uma superfície plana horizontal. Este aparelho pode ser do tipo convencional, cuja leitura é feita manualmente, ou eletrônico.

A implantação destes aparelhos para o monitoramento de chuvas durante eventos meteorológicos críticos, como chuvas intensas, enchentes e secas, tem-se mostrado difícil até hoje devido ao custo elevado dos equipamentos para transmissão automática de dados.

PLUVIOLOGGER

Diversos anos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico permitiram à equipe de monitoramento da Epagri/Ciram colocar à disposição da sociedade uma inovação que permitirá o conhecimento mais preciso das ocorrências de precipitação – o *PluvioLogger*.



PluvioLogger

Desenvolvido inteiramente em Santa Catarina a partir de componentes de baixo custo, este equipamento alimentado por energia solar mede a cada 10 minutos a precipitação pluviométrica local através de um pluviômetro de balsa, o PEP1.

O registro interno dos valores de chuva permite armazenar mais de um ano de dados e principalmente, ele permite o envio automático em tempo real de dados via satélite para Centros de Pesquisa ou clientes interessados. Também podem ser enviados com sistemas mais sofisticados de transmissão (*Pluviologger GPRS*).

Estes equipamentos vêm sendo utilizados nos últimos dois anos para monitorar a precipitação pluviométrica em áreas com riscos de deslizamento de encostas, em especial as áreas urbanas, bacias hidrográficas com ocorrência de enchentes e grandes áreas com possibilidade de ocorrência de secas.

O monitoramento mais preciso de chuvas em eventos extremos como cheias e estiagens, associado às previsões de tempo e clima, proporcionará informações preciosas para reduzir as vulnerabilidades a que as comunidades estão sujeitas, e os prejuízos à economia da região.



PluvioLogger GPRS

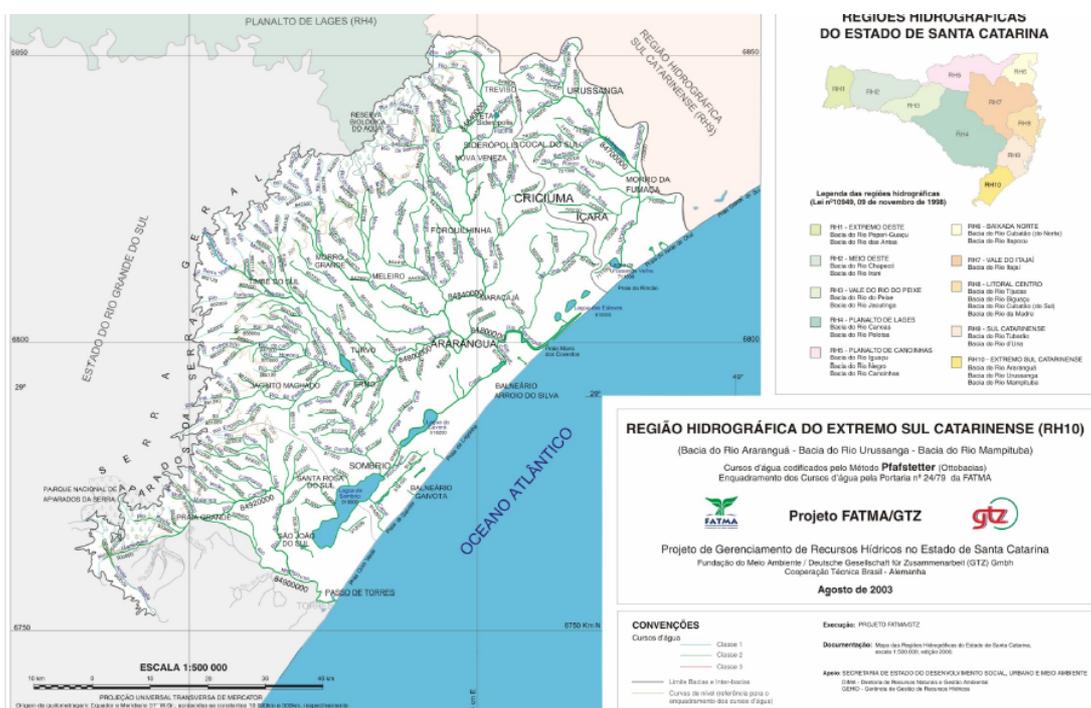


Já foram instaladas mais de 50 unidades do PEP1 na rede de estações meteorológicas automáticas do Estado de Santa Catarina, principalmente no Vale do Itajaí, e 50 unidades do PluvioLogger nas microbacias piloto do projeto Microbacias II, com financiamento do Banco Mundial. As informações de chuva são disponibilizadas de hora em hora via celular, “torpedos”, na página da internet e via e-mails. As chuvas ocorridas a cada 10 minutos também estão disponíveis para acesso. Dados das primeiras estações instaladas e monitoradas podem ser acessados no link <http://ciram.epagri.rct-sc.br/ciram/clientes/microbacias/index.jsp>, no acesso monitoramento 10 minutos.

Para o ano de 2008, a equipe técnica da Epagri/Ciram planeja implementar a mais densa rede de medição pluviométrica do sul do Brasil, dotando a região com uma forte rede de geração de conhecimentos locais, que subsidiarão a qualificação das decisões de desenvolvimento pelos técnicos, agricultores, administradores e políticos. Estão previstas para 2008 trinta unidades do *PluvioLogger* GPRS no Estado do Rio Grande do Sul, 30 no Paraná e mais 60 em Santa Catarina.

5. Descrição da aplicação da tecnologia

A rede de monitoramento hidrometeorológico em tempo real será composta por 30 estações hidrológicas automáticas (*PluvioLoggers*) distribuídas em pontos estratégicos e cobrindo de forma eficiente todas as regiões da Bacia do Rio Araranguá, extremo sul do Estado de Santa Catarina.



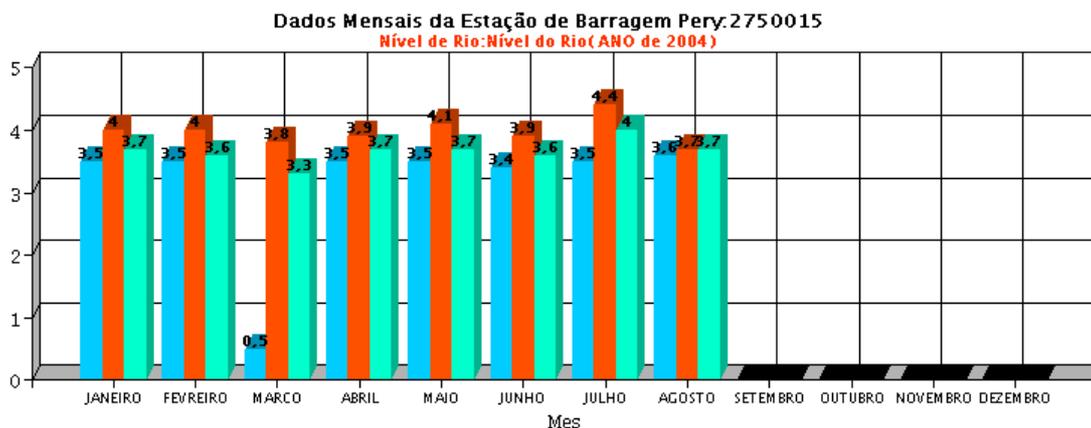
Mapa da Bacia do Araranguá.

A rede de monitoramento hidrológico registrará as respostas dos rios à atuação de diferentes sistemas atmosféricos, além do conhecimento da disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas em tempo real. Os dados registrados pelas estações serão

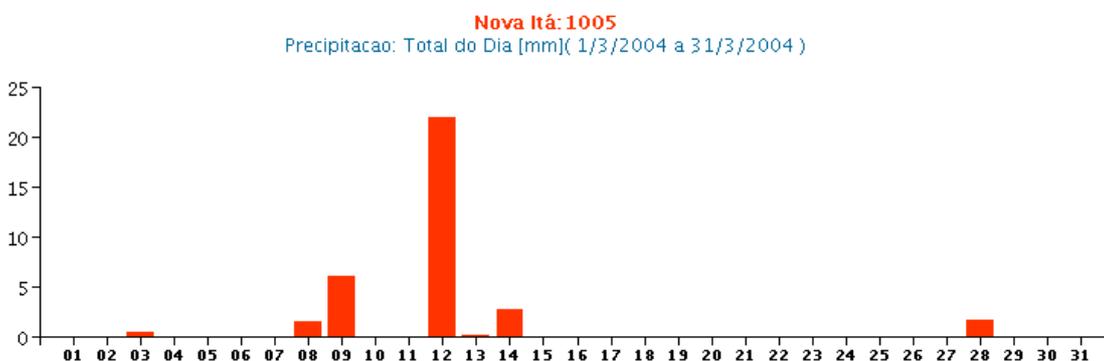


enviados via celular GPRS até a central da Epagri em Florianópolis, onde funciona o banco de dados central. Esta base de dados permite o ordenamento de dados meteorológicos e hidrológicos, permitindo fácil acesso e disseminação dos dados coletados e da informação gerada.

Dentre os produtos já desenvolvidos para acesso via Internet estão dados com valores médios, mínimos e máximos do nível de rios; valores horários, diários e mensais de chuvas; distribuição e frequência de ventos; visualização de fenômenos, entre outros.



Valores médios, máximos e mínimos mensais do nível do rio registrados na Estação de Barragem Pery.



Valores totais diários de precipitação para a Estação Meteorológica Automática de Nova Itá.

A maioria dos produtos desenvolvidos permite uma navegação simples e com integração aos outros produtos desenvolvidos. É possível gerar mecanismos de segurança que permitam acesso diferenciado dos dados disponíveis na base, aos usuários do sistema e ao público em geral. Será necessário implantar esses mecanismos físicos e lógicos de forma apropriada ao projeto, conforme os níveis de acesso e de segurança estabelecidos e os tipos de usuários.

Os usuários, além de acessar os dados disponibilizados em páginas da Internet, poderão consultar a base de dados hidrometeorológicos definidos para o auxílio de suas atividades rotineiras.



6. Resultados esperados

Estimativas recentes indicam que as perdas médias anuais na agricultura devido a condições climáticas e hidrológicas adversas situam-se próximas a 5% do PIB agrícola. Considerando que em 2002 Santa Catarina teve um PIB de R\$ 5,7 bilhões, as perdas anuais podem chegar a R\$ 285 milhões. Efetivamente em 2002, condições climáticas e hidrológicas adversas reduziram a produção de grãos (ICEPA, 2003). A implantação de um sistema automático de monitoramento da atmosfera e dos rios do Estado para realizar medidas com precisão e frequência bem mais elevadas do que com os métodos convencionais utilizados atualmente pode auxiliar a minimizar este quadro.

A ampliação da rede de monitoramento representa benefícios para diversos setores da região. O monitoramento da atmosfera e dos rios da Bacia do Araranguá possibilitarão uma maior eficiência na previsão e acompanhamento dos sistemas meteorológicos responsáveis pelas chuvas de forte intensidade que causam grandes prejuízos nos diferentes setores da economia. As informações geradas servirão também para o acompanhamento das culturas, bem como na prevenção de cheias e alertas de estiagem. A automatização da rede hidrometeorológica na Bacia do Araranguá permitirá obter melhores condições para o efetivo gerenciamento dos recursos hídricos, atendendo as recomendações das Legislações Federal e Estadual de Recursos Hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

ICEPA. 2003. Síntese anual da agricultura de Santa Catarina. Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina, Florianópolis, 287p.

SANTA CATARINA. Lei nº 9.022, de 06 de maio de 1993. Dispõe sobre a instituição, estruturação e organização do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

SANTA CATARINA. Lei nº 9.748, de 30 de novembro de 1994. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.

WHYCOS. Disponível em: < www.whycos.org >

1. Equipe

Gerson Conceição

Coordenador Diagnóstico Quantitativo da Água. Físico (UFSC) - Mestre em Meteorologia (USP).

Luiz Fernando Vianna

Biólogo (UFRJ) - Mestre Engenharia. Ambiental (UFSC). Doutorando em Geografia (UFSC).

Marcelo Moraes

Meteorologista (UFSM) - Mestre em Meteorologia (INPE) - Doutor em Engenharia Mecânica (UFSC).

Denilson Dotzbach

Engenheiro Agrônomo (UFSC) - Mestrando em Agronomia (UFSC).

Marcos Santos Zarbato

Tecnólogo em Processamento de Dados (FURB) - Administrador de rede da Epagri. Mestre em Ciência da Computação (UFSC).

Ivan Luiz Zilli Bacic

Engenheiro Agrônomo (UFSC), Mestrado em Agronomia (ITC na Holanda), Doutorado em Agronomia (ITC).



2. Descrição da problemática social

Enquanto a produção de água doce no planeta é estável, o consumo da água aumenta em nível superior ao crescimento populacional. No século XX, a população mundial cresceu 4 vezes, enquanto o consumo de água cresceu 7 vezes (Lima, 2001). Atualmente, há mais de 1 bilhão de pessoas sem suficiente acesso à água para consumo doméstico e estima-se que em 30 anos haverá 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas com moderada ou séria falta d'água (ONU, 1993 apud Demanboro e Mariotoni, 2001).

O Brasil possui 8% da água disponível no mundo, cerca de 6 mil km³/ano, com disponibilidade hídrica *per capita* de 37 mil m³/hab.ano. Porém, 73% da água doce disponível encontra-se na bacia amazônica, onde se concentra apenas 4% da população brasileira (Setti et al. 2000).

Por ser o Brasil um país com uma das maiores disponibilidades hídricas do planeta, cerca de 12%, a gestão dos recursos hídricos sempre esteve em evidência. Esta gestão tem sido feita tanto na obtenção de dados básicos das bacias hidrográficas como, atualmente, na gestão integrada dos recursos. Para que esta gestão seja feita de forma eficiente são necessários sistemas eficientes de aquisição, armazenamento, controle, consolidação e disponibilização de dados hidrometeorológicos.

Dentro desta visão integrada dos recursos hídricos, temos o monitoramento e a previsão das condições da atmosfera e das bacias hidrográficas como mecanismos estratégicos e de grande importância para a economia, segurança, saúde e qualidade de vida dos habitantes de uma região. Em Santa Catarina, estado com uma das maiores diversidades climáticas do Brasil, as condições adversas de tempo, provocadoras de catástrofes naturais, são freqüentes. Somente em 2004, a passagem do fenômeno Catarina trouxe prejuízos de mais de 1 bilhão de reais; a estiagem prolongada em torno de R\$ 128 milhões (estimativa do Instituto CEPA), além de transtornos à população e racionamento de água tanto para o uso doméstico como para as atividades agropecuárias. No caso da agricultura, uma das atividades mais afetadas pelo tempo, estima-se que as perdas médias anuais oriundas de adversidades climáticas situem-se próximo de 5% do PIB agrícola.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, prevista na Constituição de 1988, foi estabelecida pela Lei nº 9.433 em janeiro de 1997. Ela é um reflexo da projeção mundial de diversos cenários em relação à disponibilidade de água doce suficiente para abastecer as futuras gerações. Com essa política, o Brasil passa a adotar instrumentos de gestão já implementados em outros países, como França e Alemanha, e que vêm sendo incentivados por acordos internacionais.

Os conflitos de uso da água já é realidade em Santa Catarina, principalmente no extremo sul do Estado (Bacias do Araranguá, Mampituba e Urussanga) e nas regiões com complexo hidrelétrico. O volume considerável de obras no Estado tem sido empreendido sem planejamento adequado e não observando os rigorosos critérios de disponibilidade hídrica. Tornam-se necessários a utilização de uma sistemática operacional contemplando o planejamento e os critérios de seleção de projetos de gestão de recursos hídricos e de infra-estrutura hídrica e a consolidação de um sistema integrado de gerenciamento de recursos hídricos, mediante o fortalecimento do aparato institucional e legal, assim como, o aprimoramento dos instrumentos de gestão e o fortalecimento da participação dos usuários de água.



2.1. Região Hidrográfica Extremo Sul Catarinense - RH 10

A Região Hidrográfica do Extremo Sul Catarinense contempla os rios Urussanga, Araranguá e Mampituba, sendo este último de domínio da União. A região totaliza uma área de 5.052 km²: 14% pertence ao rio Urussanga (703 km²); 69% ao rio Araranguá (3.502 km²) e 17% da Região é representada pela parte catarinense da bacia do rio Mampituba (847 km²).

Para a bacia do rio Urussanga tem-se um valor de vazão média de longo termo específica (QMLT esp) de 24,05 L/(s.km²), o que corresponde a uma vazão de 17,13 m³/s no final da bacia. Os afluentes principais desse corpo de água são: rio Linha Anta (QMLT = 6,102 m³/s - Q100% = 0,854 m³/s) e rio da Areia (QMLT = 0,717 m³/s - Q100% = 0,100 m³/s).

O rio Araranguá possui uma vazão média de longo termo de 135,81 m³/s (QMLT esp = 42,61 L/(s.km²)). O rio dos Porcos (QMLT = 23,61 m³/s - Q100% = 0,472 m³/s) e Itoupava (QMLT = 35,24 m³/s - Q100% = 0,705 m³/s) são seus formadores. Existem também pequenos rios adjacentes ao Araranguá como o rio da Lage (QMLT = 3,66 m³/s - Q100% = 0,073 m³/s), importante para disponibilidade hídrica da microrregião.

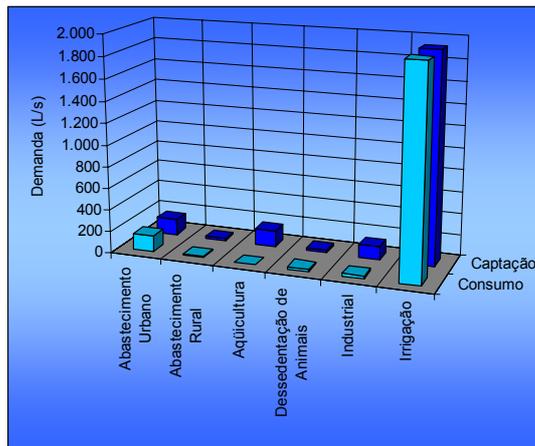
Na porção catarinense, verifica-se que o rio Mampituba tem uma vazão média de longo termo de 25,04 m³/s (QMLT Tesp= 39,48 L/(s.km²)). O rio Canoas (QMLT = 10,69 m³/s - Q100% = 0,214 m³/s) seguido do rio Leão (QMLT = 7,21 m³/s - Q100% = 0,144 m³/s) e Três Irmãos (QMLT = 0,628 m³/s - Q100% = 0,013 m³/s) compõem a rede hídrica principal dessa bacia (Regionalização de vazões das bacias hidrográficas de Santa Catarina, 2006).

Tabela 1. Comparativo de vazões e vazões específicas, no exultório, para as bacias do rio Urussanga, rio Araranguá e rio Mampituba (Fonte: Epagri, SDS).

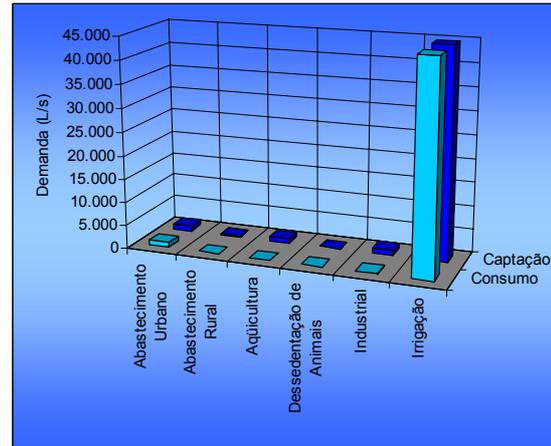
Bacia	Área [km ²]	QMLT [m ³ /s]	QMLT esp [L/(s.km ²)]	Q _{95%} [m ³ /s]	Q _{95% esp} [L/(s.km ²)]	Q _{98%} [m ³ /s]	Q _{98% esp} [L/(s.km ²)]	Q _{100%} [m ³ /s]	Q _{100% esp} [L/(s.km ²)]
Urussanga	703	17,13	24,05	5,14	7,21	3,94	5,53	2,40	3,37
Araranguá	3.502	135,81	42,61	17,65	5,54	10,86	3,41	2,72	0,85
Mampituba	847	25,04	39,48	3,25	5,13	2,00	3,16	0,5	0,79

A distribuição da demanda por uso e uma análise temporal para as bacias que compõem a região em estudo é apresentada, respectivamente nas figuras 1 e 2.

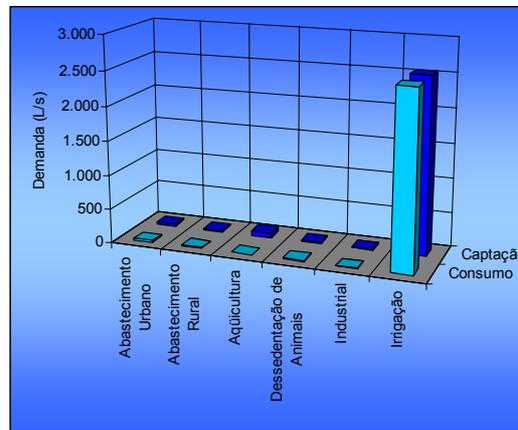
Nestas bacias predominam as demandas de água para irrigação de arroz. Nas bacias dos rios Urussanga e Araranguá, as demandas de água para suprimento das indústrias praticamente se equivalem àquelas destinadas ao abastecimento urbano. Na bacia do rio Mampituba, onde 96% da água é utilizada na irrigação de arroz, as demandas urbanas e industriais são praticamente insignificantes.



Bacia do rio Urussanga



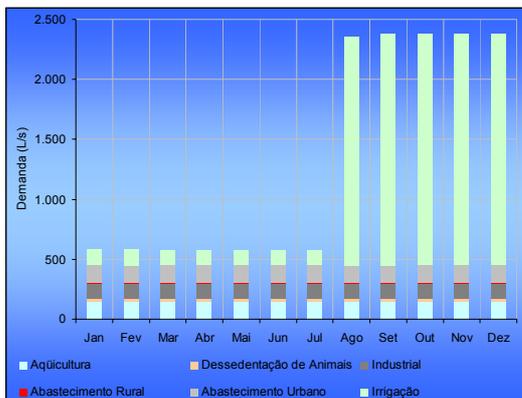
Bacia do rio Araranguá



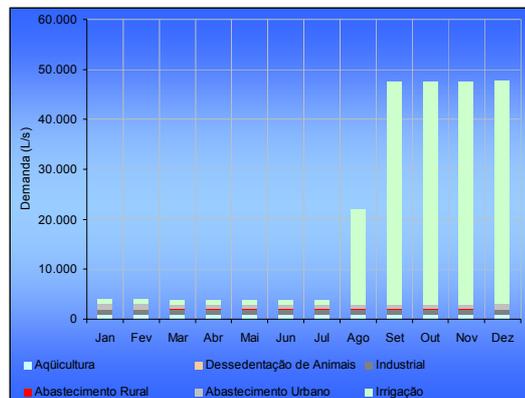
Bacia do rio Mampituba

Figura 1. Distribuição das demandas por uso nas bacias da RH 10

A situação destas bacias é semelhante a todas as bacias da vertente atlântica, tendo o período de janeiro a julho sem grandes conflitos no atendimento das demandas. No período de agosto a dezembro aparecem déficits hídricos nas áreas de cultivo de arroz, devido a demanda elevada utilizada na irrigação desta cultura excedente apresentada. A bacia do rio Araranguá é a que apresenta o maior número de trechos com valores críticos, o IC Q98% supera 100% em 40% dos trechos desta bacia. (Panorama dos recursos hídricos em Santa Catarina, 2006).

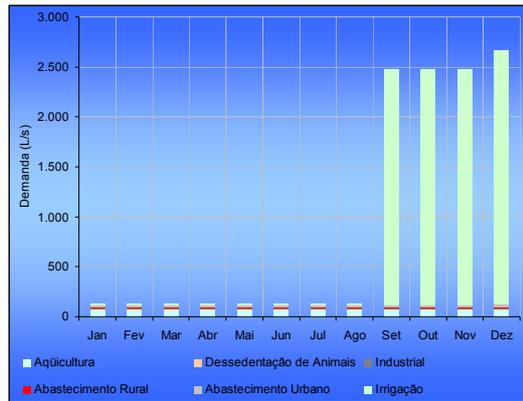


Bacia do rio Urussanga



Bacia do rio Araranguá

Figura 2.A Distribuição temporal das demandas nas bacias da RH 10 (rio Urussanga e Araranguá).



Bacia do rio Mampituba

Figura 2.B Distribuição temporal das demandas nas bacias da RH 10 (rio Mampituba).

3. Economia da experiência da tecnologia

A Epagri, através da criação do CIRAM em 1997, Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia de Santa Catarina tem como missão gerar, armazenar, processar e difundir informações e tecnologias relacionadas aos recursos ambientais, incluindo recursos hídricos, principalmente voltadas às atividades agrícolas, pecuárias, pesqueiras e de aquicultura.

Os programas do Ciram estão estruturados de forma integrada e sistematizada nas seguintes áreas técnicas: Clima, Tempo e Atmosfera; Zoneamento e Ordenamento Ambiental; Monitoramento dos Recursos Hídricos; Saneamento Agroambiental; Gestão e Educação Ambiental; Agrometeorologia e Tecnologia da Informação.

As ações do Ciram são desenvolvidas com o apoio da estrutura estadual da Epagri. O Ciram valoriza o intercâmbio com outras instituições estaduais, nacionais e internacionais, por meio de cooperação técnico-científica, inserindo-se no contexto global da administração de informações sobre recursos ambientais.

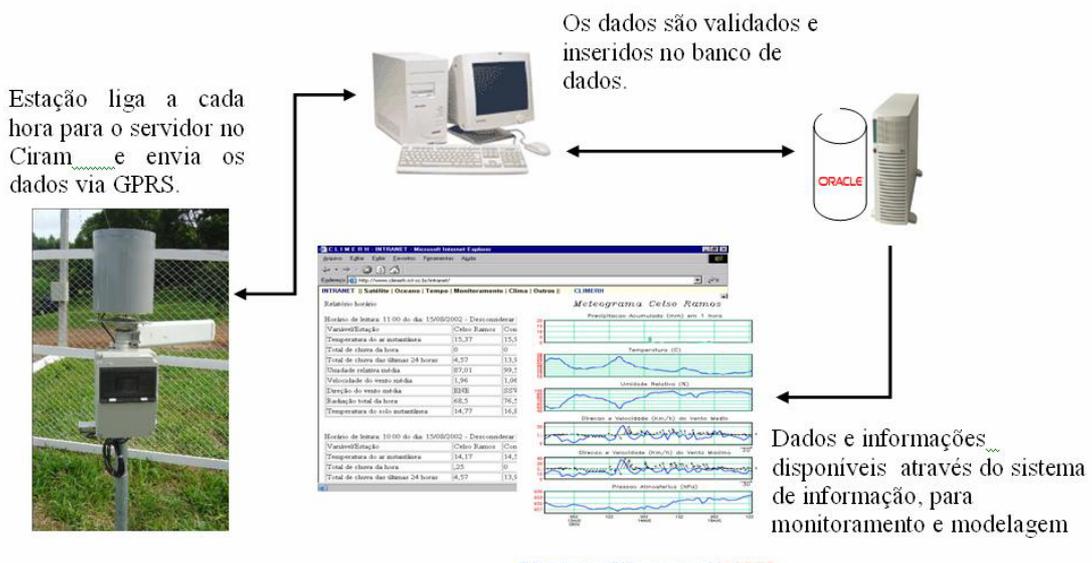


Figura 3. Sistema telemétrico de dados hidrometeorológicos e de disponibilização das informações.



As informações ambientais são geradas de várias formas, tanto pelo Ciram como por instituições colaboradoras em nível federal, estadual e municipal. A atmosfera, os rios e o oceano são monitorados continuamente em tempo real através de uma rede composta estações meteorológicas, hidrológicas e oceânicas convencionais e automáticas. A qualidade física, química e biológica dos rios é monitorada periodicamente com amostragens em campo. Em um projeto especial financiado pelo Banco Mundial (Projeto Microbacias 2), 880 microbacias estão sendo mapeadas, com informações sobre a cobertura vegetal, uso de agrotóxicos, redução de perda do solo, produtividade e sobre a situação sócio-econômica de seus habitantes.

Todas as informações geradas são integradas automaticamente ou manualmente em um espaço único: o Banco de Dados Ambiental. Este banco de dados, desenvolvido e mantido pela própria equipe do Ciram em gerenciador Oracle, conforme ilustrado na figura 3, é a espinha dorsal da principal área de atuação do Ciram: a Tecnologia da Informação. Hoje o banco de dados comporta 9,5 milhões de linhas de registros. Cálculos matemáticos e estatísticos, geração de produtos na forma numérica, gráfica e espacial, modelagem numérica e mais uma série de procedimentos automáticos permitem uma agregação de valor importante aos dados. Estes dados processados são utilizados por diferentes usuários finais, e também preparados para serem utilizados pelo quadro técnico do próprio Ciram, que a partir destas informações gera produtos e serviços para acompanhamento dos recursos ambientais, através de interfaces computacionais, de suma importância para a economia e a sociedade catarinense.

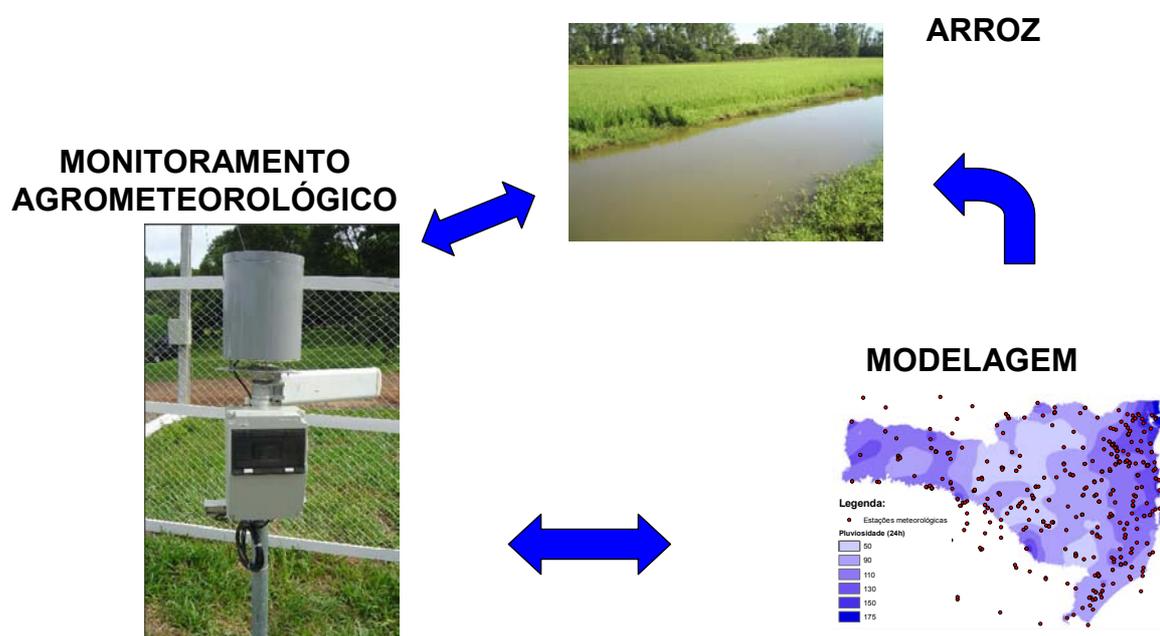


Figura 4. Sistema de coleta de dados e mapa da disponibilidade hídrica.

Acredita-se, que com a implementação da Tecnologia Social “Disponibilidade Hídrica” na região do extremo sul catarinense estaremos contribuindo para uma melhor



compreensão do ciclo hidrológico, estabelecendo a governança da água na comunidade, reduzindo assim os conflitos de uso da água na região. Esta meta envolve o adensamento de uma rede de monitoramento pluviométrico e fluviométrico, representativa da potencialidade hídrica da Bacia, juntamente com ferramentas predictoras, incorporando a assimilação de dados e disponibilizando cenários hidrometeorológicos de curto médio e longo prazo aos tomadores de decisão, produtores de arroz e população em geral, como apresentado na figura 1.

Com o objetivo de definir ações integradas de monitoramento meteorológico e hidrológico junto ao Governo Estadual e Federal, O projeto Tecnologia social da Água através da UFSC, Embrapa e Epagri realizarão ações conjuntas e prioritárias, contribuindo assim na geração de informações indispensáveis para estabelecer a governança da água nas Bacias hidrográficas.

4. Descrição detalhada da tecnologia

4.1. Modelagem Numérica

Esta tecnologia tem por objetivo avaliar os cenários de precipitação gerados pelo modelo de previsão atmosférica WRF (Weather Research and Forecasting) para o Estado de Santa Catarina, através da implementação do modelo hidrológico SWAT na Região Hidrográfica 10 (RH 10), localizada no Extremo Sul Catarinense, que contempla os rios Urussanga, Araranguá e Mampituba.

4.2. O Modelo Meteorológico WRF

O Weather Research and Forecasting (WRF) Model é um sistema de previsão numérica do tempo na mesoescala, de próxima geração, que foi desenvolvido pela comunidade americana para ser utilizado tanto na área de pesquisa em modelagem numérica da atmosfera quanto na área de previsão numérica do tempo operacional. É um sistema completo com diversos pacotes de pré e pós-processamento, contendo o estado da arte em termos de assimilação de dados, implementação numérica, parametrizações, etc, e que estão em contínuo desenvolvimento pela comunidade científica e operacional. O WRF-NMM (versão do modelo no NCEP) passou a fazer parte da suíte operacional deste centro em junho de 2006 substituindo o modelo ETA nas previsões regionais para os EUA. Ele deve se tornar também o modelo operacional da Marinha (NAVY/USA) e da Força Aérea (AFWA/USA) do mesmo país nos próximos meses. Este e outros tantos outros motivos levaram a divisão de modelagem numérica do CIRAM/EPAGRI a adotá-lo como modelo de previsão regional para Santa Catarina e sul do Brasil. Ele é utilizado diariamente pelos meteorologistas operacionais na elaboração das previsões à curto prazo para o sul do Brasil. A figura abaixo mostra o fluxograma de funcionamento do modelo WRF-ARW (versão NCAR), que é a utilizada no CIRAM/EPAGRI. A figura 6 mostra um exemplo de produto gerado pelo modelo.



Fluxograma do Sistema de Modelagem WRF ARW (para WRFV2)

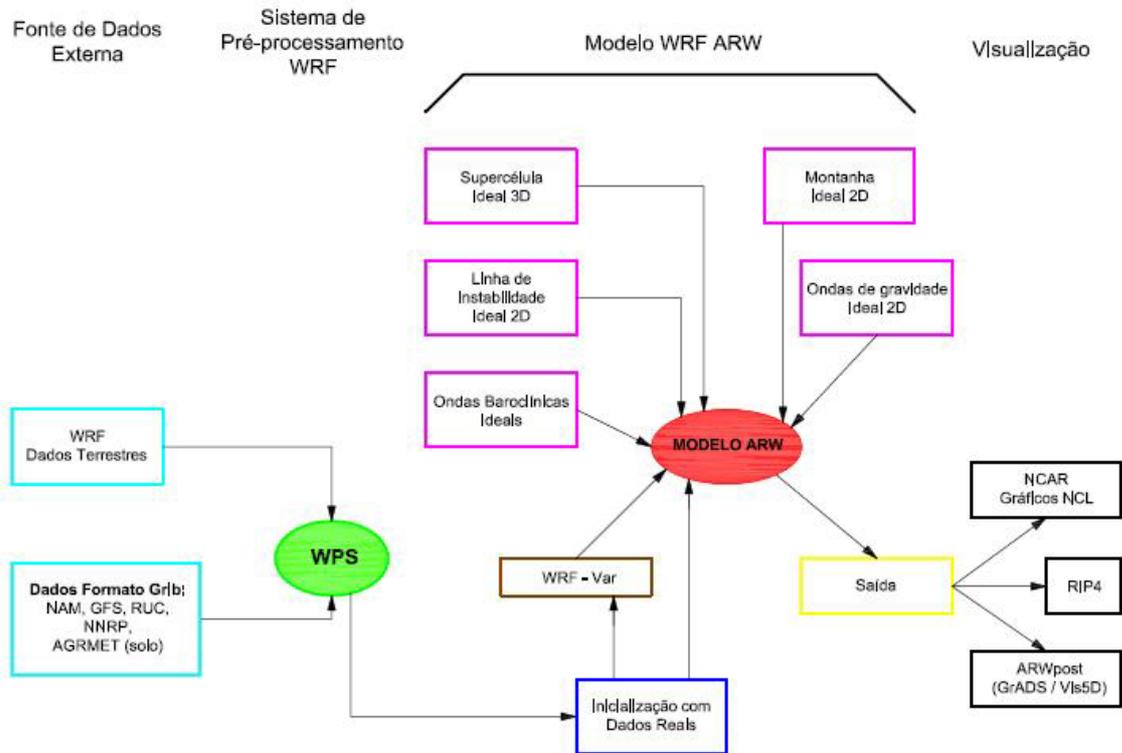


Figura 5. Fluxograma do modelo meteorológico WRF.

O modelo WRF-ARW roda o ciclo de previsão das 00Z no InfoCluster Itautech-Philco de 16 processadores do CIRAM/EPAGRI com a seguinte configuração:

Versão: 2.2

Resolução horizontal: 15 km

Níveis na vertical: 38

Inicialização e fronteiras: GFS (AVN) 0.5 grau

Parametrização cumulus: Kain-Fritsch (new ETA)

Microfísica: WSM 3-class simple ice scheme

Modelo de Superfície: NOAH-LSM

Camada Limite: YSU scheme

Radiação: RRTM (onda longa) e Dudhia (onda curta)

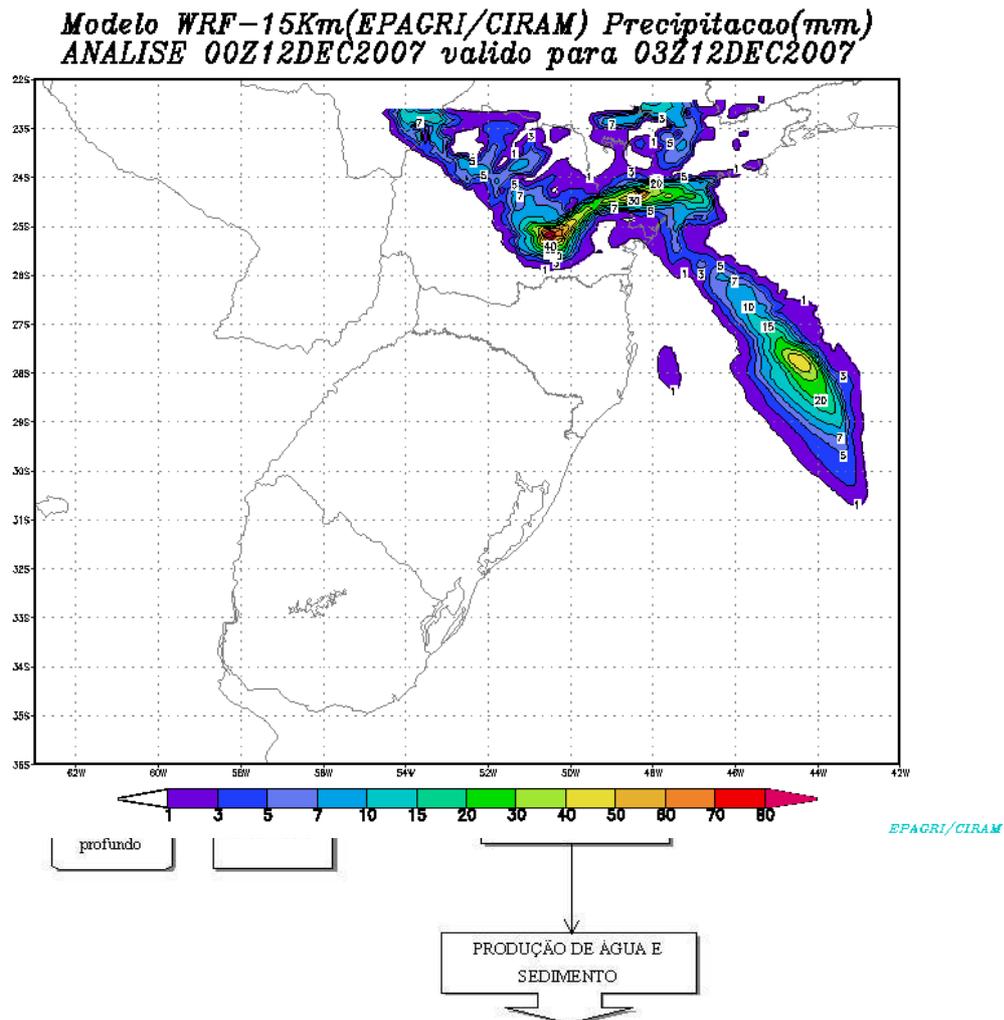


Figura 6. Simulação de precipitação produzida pelo modelo WRF.

4.3. Modelo Hidrológico SWAT

O *Soil Water Assessment Tool* (SWAT) é baseado em uma estrutura de comandos para propagar o escoamento, sedimentos e agroquímicos através da bacia. Os maiores componentes do modelo incluem hidrologia, clima, sedimentos, temperatura do solo, crescimento de plantas, nutrientes, pesticidas e manejo agrícola. O componente hidrológico do modelo inclui sub-rotinas de escoamento superficial, percolação, fluxo lateral sub-superficial, fluxo de retorno do aquífero raso e evapotranspiração. O modelo requer dados diários de precipitação, temperatura máxima e mínima do ar, radiação solar e umidade relativa.

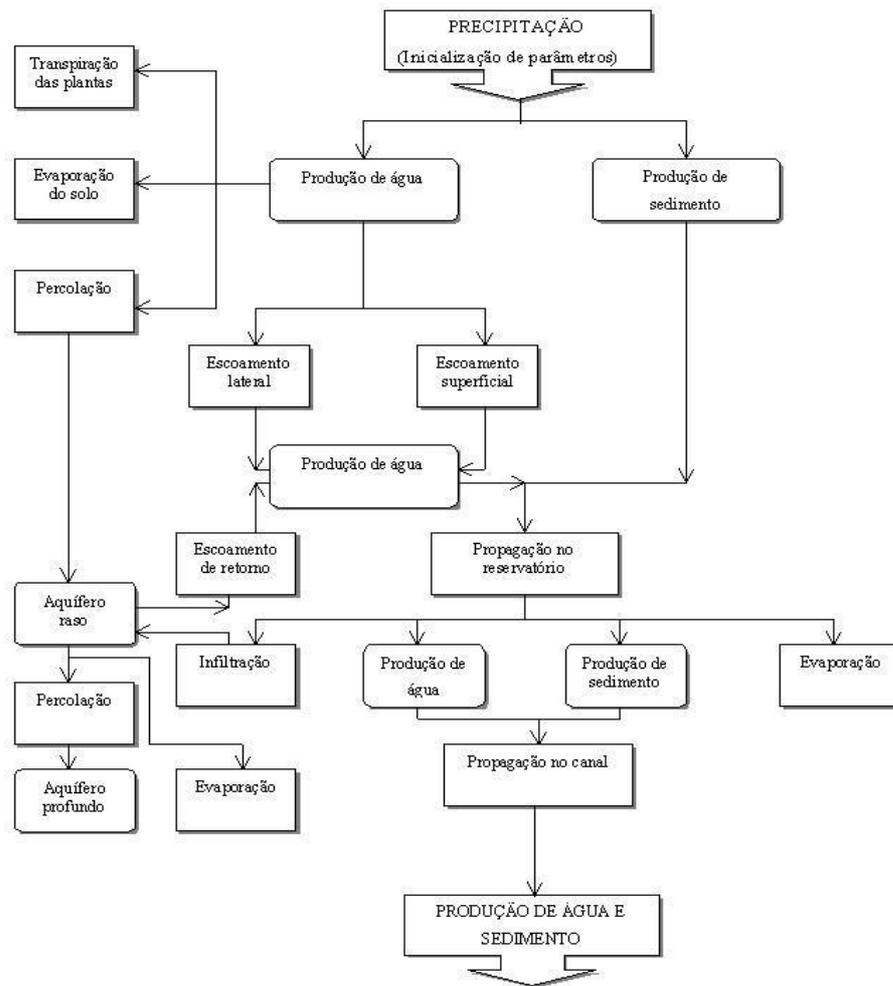


Figura 7. Fluxograma do modelo SWAT (modificado de King et al., 1996)

O sistema hidrológico simulado pelo SWAT é composto por quatro volumes: (1) reservatório superficial; (2) reservatório subsuperficial; (3) reservatório subterrâneo – aquífero raso; (4) reservatório subterrâneo – aquífero profundo. A contribuição destes reservatórios para o escoamento superficial provém do escoamento lateral a partir do perfil do solo e do escoamento de retorno do aquífero raso. O volume que percola do reservatório subsuperficial, através do perfil do solo, representa a recarga do aquífero raso. A água que percola para o aquífero profundo não retorna para o sistema (MACHADO, 2002).

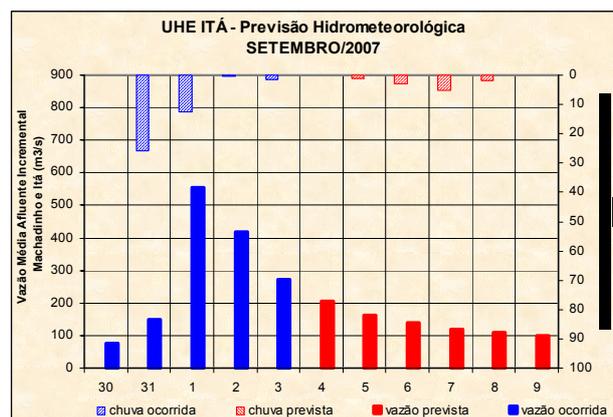


Figura 8. Saída gráfica do modelo hidrológico de chuva e vazão.



4.4. *Automated geospatial watershed assessment* - AGWA

A ferramenta *Automated geospatial watershed assessment* (AGWA) foi desenvolvida pelo U. S. Agricultural Research Service's Southwest Watershead Resource Center. É um sistema para análises hidrológicas que pode ser utilizado em diversas áreas do conhecimento, e possui quatro objetivos principais:

- a. Prover um método simples, direto e replicável de parametrização para modelagem hidrológica;
- b. Utilizar apenas dados básicos e de fácil obtenção para Sistemas de Informações Geográficas (GIS);
- c. Ser compatível com outros sistemas geo-espaciais de análise hidrológica;
- d. Ser útil para desenvolvimento de cenários e simulações de alternativas futuras em múltiplas escalas.

AGWA é uma extensão para o Sistema de Informações Geográficas – SIG - ArcView 3.2 do *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) que possui funcionalidades que permitem conduzir todas as fases de uma avaliação hidrológica para o modelo *Soil Water Assessment Tool* (SWAT), desenvolvido pelo U. S. Agricultural Research Service, para análises em grandes bacias.

Os dados utilizados no processo de discretização das bacias incluem modelos digitais de elevação (MDEs), matrizes de cobertura do solo, dados de pedologia e precipitação. O esquema dos processos de utilização destes dados através do AGWA está representado na figura 9.

Os dados básicos utilizados no AGWA são o Modelo Digital de Elevação da Shuttle Radar Topographic Model (SRTM, 2005), o mapa de cobertura vegetal do Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina (2004) e o mapa Pedológico de Santa Catarina (EMBRAPA/EPAGRI, 2005).

A partir do modelo digital de elevação são geradas as matrizes de direção de fluxo (*flow direction grid*), acúmulo de fluxo (*flow accumulation grid*), limite da bacia (*Watershead outline*) e hidrografia (*stream map*); o ponto de descarga da bacia (*Outlet*); a tabela de relacionamentos de geometria hidráulica (HGR.dbf); os polígonos de discretização da bacia e sub-bacias (*Watershed discretization*) e as linhas da rede hidrográfica (*Stream network*).

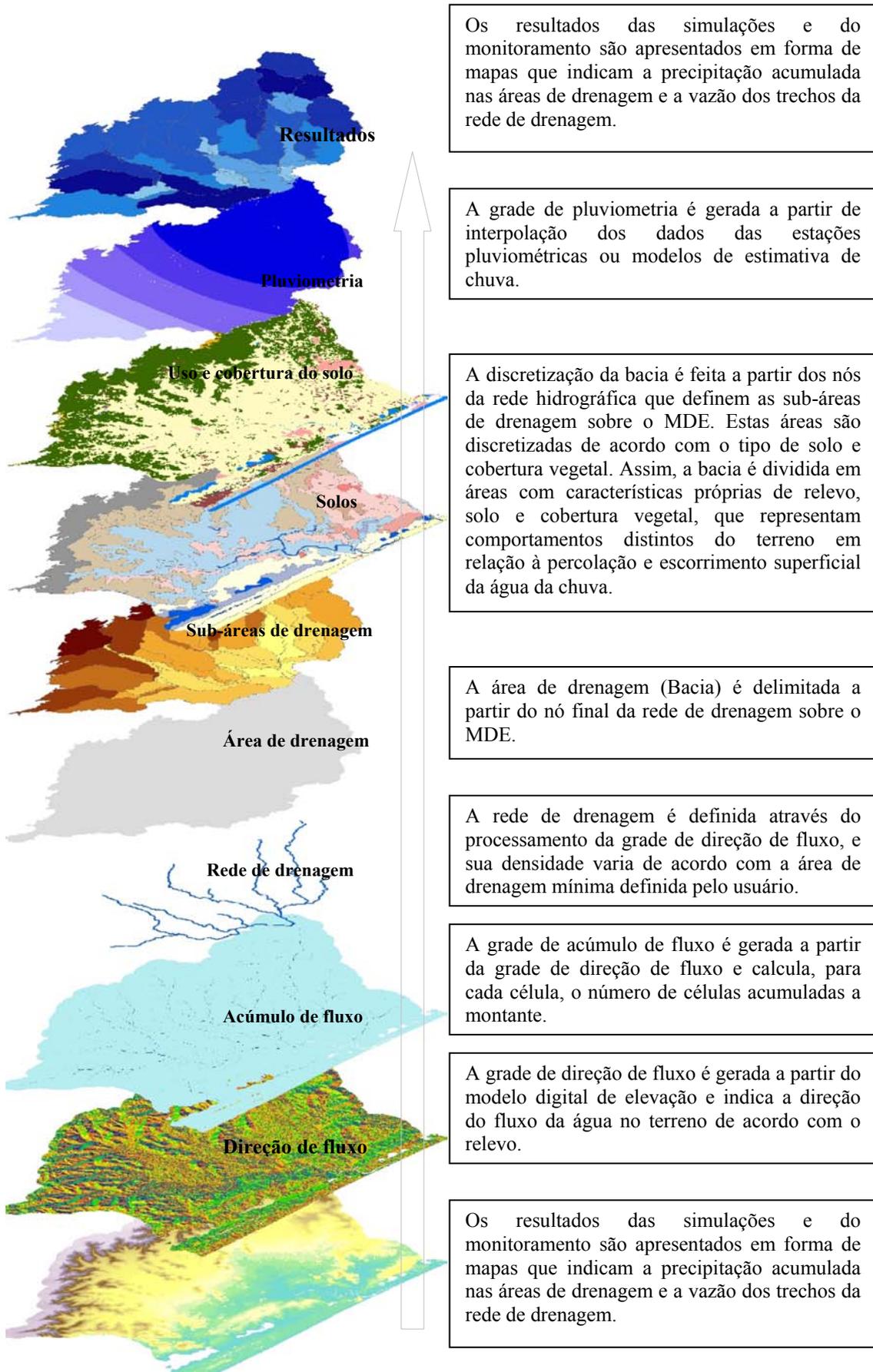


Figura 9. Processos básicos do AGWA.



4.5. Sistema de Informações Georreferenciadas – SIGEO

A disponibilização das informações geradas nos modelos de previsão e sistema de monitoramento será feita através do Sistema de Informações Georreferenciadas – SIGEO. Trata-se de um portal de dados e informações ambientais e sócio-econômicas que podem ser acessadas e consultadas através da tecnologia de *web-mapping* com algumas ferramentas de consulta e análise espacial (Figura 10).

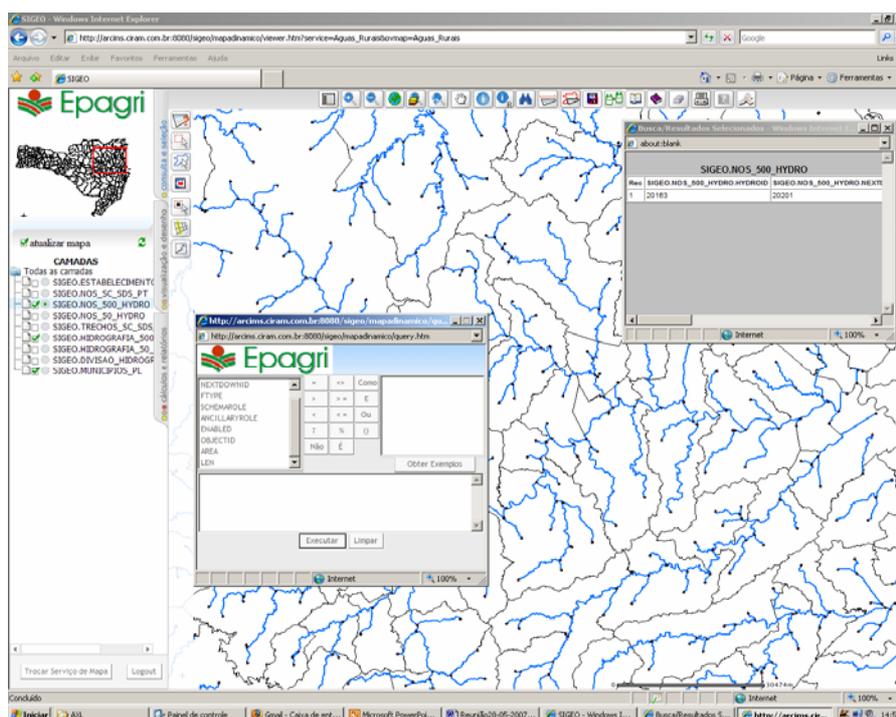


Figura 10. Interface do sistema de Informações georreferenciadas - SIGEO

5. Resultados Esperados

A implementação desta tecnologia permitirá a disponibilização de um Sistema informatizado de aquisição e visualização de dados hidrometeorológicos; Balanço hídrico e produção hídrica da bacia hidrográfica do rio Araranguá; Dados e informações hidrometeorológicas da bacia para subsidiar a outorga de recursos hídricos pelos órgãos competentes assim como auxiliar na tomada de decisão.

Acredita-se, que com as informações hidrometeorológicas disponíveis os usuários terão uma melhor compreensão do ciclo hidrológico e poderão organizar suas ações em harmonia com a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Lima, L.H. (2001). O Dia Mundial da Água. Jornal O Globo. Suplemento O Dia Mundial da Água. Rio de Janeiro, 22/03/2001.

MACHADO, R.E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento.** 2002. 154 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

Demamoro, A.C.; Mariotoni, C.A. O Conceito de Escala e o Desenvolvimento Sustentável: Implicações sobre os Recursos Energéticos e Hídricos. Projeto Água Unicamp. <http://www.eco.unicamp.br/projetos/agua/artigos.html.jan/2001>.

Setti, A.A.; Lima, J.E.F.; Chaves, A. G. M.; Pereira, I. C. Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos. Agência Nacional da Água. Brasília, 2000.

Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A. Centro de Estudos de Safras e Mercados - EPAGRI/CEPA. Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina S.A. 2005-2006. 294 p.

Automated Geospatial Watershed Assessment (AGWA) Documentation. USDA-ARS – Tucson, Arizona, 2007.



1. Equipe

Alexander P. Garcia

Engenheiro Agrônomo da COOPERSULCA, Turvo, SC.

Alexandro Roesler

Técnico Agrícola, Extensionista Rural da EPAGRI no município de Jacinto Machado.

Álvaro José Back

Engenheiro Agrônomo e – (UFSC). Pesquisador da EPAGRI e professor titular da UNESC. Mestre em Engenharia Agrícola (Universidade Federal de Viçosa). Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

Antônio Sérgio Soares

Engenheiro Agrônomo – Mestre em Irrigação e Drenagem pela ESALQ, Extensionista Rural da EPAGRI em Araranguá.

Arlindo Agostinho Sangaletti

Médico Veterinário – Possui especialização em Bovinocultura. Técnico Específico de apoio em Piscicultura e Bovinocultura na Região de Araranguá e instrutor de cursos no CETRAR.

Donato Lucietti

Eng. Agrônomo – Extensionista Rural da EPAGRI de Nova Veneza. Responsável pela área de irrigação e drenagem da Região de Criciúma.

Jânio Antônio Beber

Técnico em Agropecuária – Extensionista Rural da EPAGRI) e Técnico Específico em Irrigação e Drenagem no município de Araranguá.

Jânio Martins

Técnico em Agropecuária – Extensionista Rural da EPAGRI). Técnico específico de Irrigação e Drenagem de Meleiro.

Marcos José Rosso

Engenheiro Agrônomo – Extensionista Rural da EPAGRI no município de Turvo. Atualmente é Coordenador Regional da Região de Araranguá.

Nei Zeni

Técnico em Agropecuária – Extensionista Rural da EPAGRI de Meleiro. Atua basicamente na área de irrigação e drenagem.

Paulo Roberto Nunes

Engenheiro Agrônomo – Extensionista Rural da EPAGRI de Nova Veneza.

Rogério Topanote

Engenheiro Agrônomo – Extensionista Rural da EPAGRI em Timbé do Sul.

Renato Luiz Pescador

Engenheiro Agrônomo. Extensionista Rural da EPAGRI em Ermo.

Rene Kleveston



Eng. Agrônomo – Mestre em Agroecossistemas (UFSC). Extensionista Rural da EPAGRI em Araranguá.

Valdir Silva Fernandes

Engenheiro Agrônomo – Extensionista Rural da EPAGRI, com função específica na cultura de arroz irrigado, instrutor de curso e responsável pela unidade de produção de sementes do CETRAR/EPAGRI. Mestre em Agroecossistemas pela UFSC.

Vicente Sandrini Pereira

Engenheiro Agrônomo. Extensionista Rural da EPAGRI, Mestrando em Engenharia Ambiental (UFSC).

2. Descrição da problemática social

O Relatório da Organização das Nações Unidas (ONU) aponta que o uso de água cresceu mais do que o dobro da taxa de crescimento da população no século passado. Embora não ocorra falta de água no mundo nesta mesma proporção, sabe-se que um número crescente de regiões está sofrendo cronicamente deste problema. (UN-WATER, 2006).

Segundo o *World Wide Fund for Nature* — WWF (1998), os países em desenvolvimento utilizam cerca de 82% da água na agricultura, 10% na indústria e 8% no uso domiciliar, enquanto que nos desenvolvidos este percentual passa para 30%, 55% e 11%, respectivamente.

Um levantamento realizado na bacia do rio Araranguá no ano de 1997, indicou que o maior consumo de recursos hídricos ocorre pelos irrigantes, em particular pelos sistemas coletivos que abastecem lavouras de arroz (Santa Catarina, 1997). Os valores obtidos podem ser observados na tabela abaixo:

Tabela 1. Valores percentuais de vazões de consumo em função da vazão total de consumo de recursos hídricos para a Bacia do Rio Araranguá (Santa Catarina, 1997)

Consumo Irrigantes Coletivos	76,30%
Consumo Irrigantes Individuais	14,80%
Vazão de Estiagem para 7 dias e 10 anos de recorrência	6,80%
Consumo Industrial	0,10%
Consumo de Mineradoras	1,60%
Consumo para Abastecimento Urbano	0,30%

Somando-se todo o consumo dos irrigantes, tem-se uma demanda de 91,1% dos recursos hídricos para a agricultura, caracterizando de modo acentuado, o principal conflito de uso da água disponível para a bacia do Rio Araranguá, com maior volume de produção de arroz do estado de Santa Catarina (Pelegrin & Morel, 2003).

A lavoura de arroz irrigado cresceu significativamente desde este levantamento de 1997, sendo esta atividade realizada com preocupação ainda insuficiente em relação às questões de preservação ambiental (Santa Catarina, 1997). Os problemas tendem a se agravar tanto pela pouca disponibilidade de água, gerando conflitos entre os usuários, quanto pela sua má qualidade, ocasionada pelo aumento de turbidez, concentração de sólidos em suspensão e uso seqüencial de agroquímicos nas áreas de produção de arroz.

Segundo Back (1998), para fornecer água suficiente para a rizicultura são necessários 8.500 a 9.500 m³ /ha/safra nos meses de novembro a fevereiro, época em que as quadras da lavoura permanecem com uma lâmina média de 10 cm sobre o solo,



volume necessário devido à constante circulação da água dentro das canchas e pela reposição das perdas por evapotranspiração.

Com relação ao consumo, fica evidente que se precisa buscar a adoção de medidas que resultem em economia de água, através de ações para o cumprimento das normas ambientais e, principalmente, pela educação dos agricultores que utilizam os recursos hídricos, para que adotem técnicas de manejo da irrigação que mantenha a produção em patamares satisfatórios e economizem a água para outros usos, notadamente para o abastecimento das populações ali residentes.

Diante deste contexto, o Manejo Contínuo da água de irrigação na rizicultura se coloca como tecnologia já testada e aprovada, disponível a todos quantos desejam contribuir para o gerenciamento mais prudente dos mananciais já tão danificados pela mineração de carvão, ao longo de toda a história de crescimento da economia sul catarinense. Minimizar os impactos ambientais causados pela utilização de insumos na cultura do arroz irrigado é essencial para reduzir os conflitos potenciais, especialmente quanto ao uso da água (Deschamps, F.C. et alii, 2003).

3. Economia da experiência da tecnologia

No início da década passada, o conflito por água em quantidade e qualidade assumiu ponto crítico em Santa Catarina, e especialmente na região sul, com agravamento da situação pela freqüente salinização dos principais mananciais do Estado (Althoff, 1992). Esta situação promoveu a organização da sociedade em ONGs, as quais, ao atuarem conjuntamente a colônias de pescadores, sindicatos e outras formas associativas, lançaram manifestos de protestos exigindo soluções (Fernandes, V.S., 2004).

A Epagri vem realizando alguns trabalhos com o objetivo de desenvolver e recomendar tecnologias aos agricultores que sejam capazes de reduzir estes conflitos e minimizar o impacto ambiental negativo causado pelas atividades agrícolas sem prejudicar a qualidade dos produtos catarinenses. Dentre estas pesquisas, encontram-se algumas relacionadas à rizicultura, como por exemplo:

1. *Manejo de pragas na cultura do arroz irrigado*, cujo objetivo é o desenvolvimento de estudos que proporcionem alternativas para o manejo integrado de pragas na cultura do arroz irrigado, permitindo assim a racionalização no uso de produtos químicos e redução dos níveis de infestação.
2. *Qualidade ambiental no ecossistema arroz irrigado*, com o objetivo de desenvolver ações que permitam a quantificação do possível impacto ambiental da cultura do arroz irrigado, através do monitoramento da qualidade das águas superficiais nas áreas de cultivo, bem como o desenvolvimento de estudos relativos à toxicologia dos agroquímicos e seu comportamento no ambiente.
3. *Sistema de produção orgânica*, com a avaliação de tecnologias alternativas para a produção de arroz irrigado no sistema pré-germinado, visando a racionalização e/ou eliminação do uso de agroquímicos, através do manejo adequado das plantas daninhas e pragas através de agentes biológicos de controle e uso de adubação orgânica.



A EPAGRI, em seu Centro de Treinamento de Araranguá - CETRAR, por meio do serviço de extensão rural e com o objetivo de dar respostas à sociedade, iniciou trabalhos exploratórios para o desenvolvimento de sistemas de irrigação com menor consumo de água, visando reduzir custos de produção e minimizar impactos ambientais (Cabral, 1998; Bernardo, 1997).

Destes trabalhos, tornou-se promissor o sistema de irrigação denominado de MANEJO CONTÍNUO, o qual é caracterizado pela manutenção da lâmina de água de irrigação, com maior tempo de permanência possível, ao longo de todo o ciclo da cultura, reduzindo ao máximo as trocas de lâmina de água, condição que confere ao sistema grande economia deste recurso e, se adequadamente manejado, sem descarte de água excedente por ocasião da colheita (Fernandes, V.S., 2004).

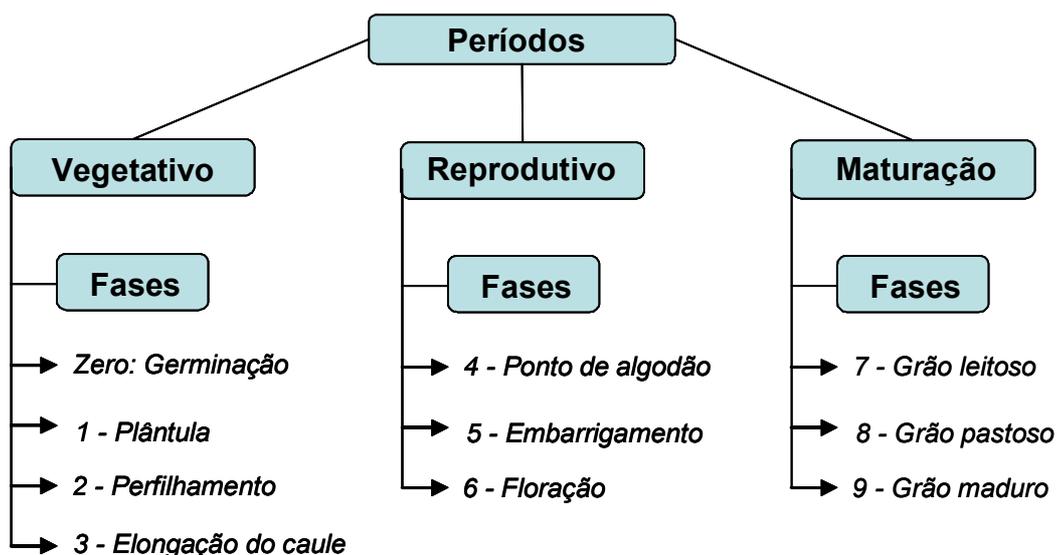
As recomendações técnicas foram consolidadas após acompanhamento a campo de 6 unidades de observação implantadas com a aplicação do manejo de água contínuo, no período de 1992 a 1997, no CETRAR/EPAGRI.

4. Descrição detalhada da tecnologia

4.1. Manejo da água de irrigação

4.1.1. Desenvolvimento da planta de arroz

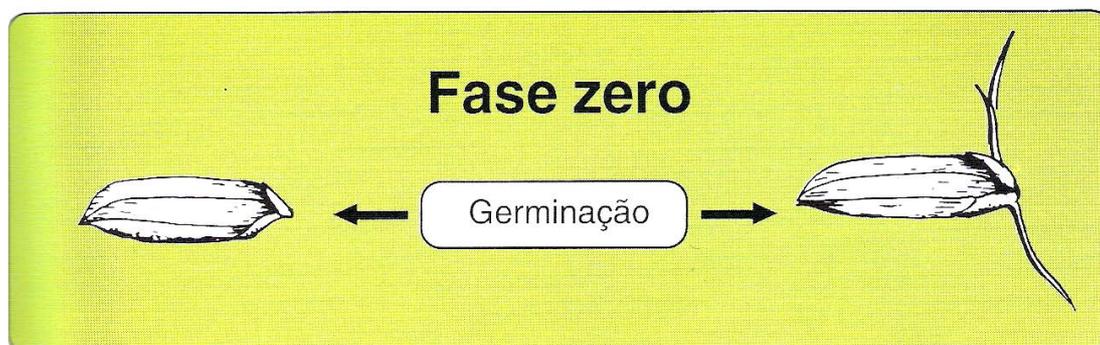
Para que os procedimentos de manejo sejam adequados é importante definirmos a escala de desenvolvimento da planta. A planta passa por três distintas fases, representadas pelo quadro a seguir:



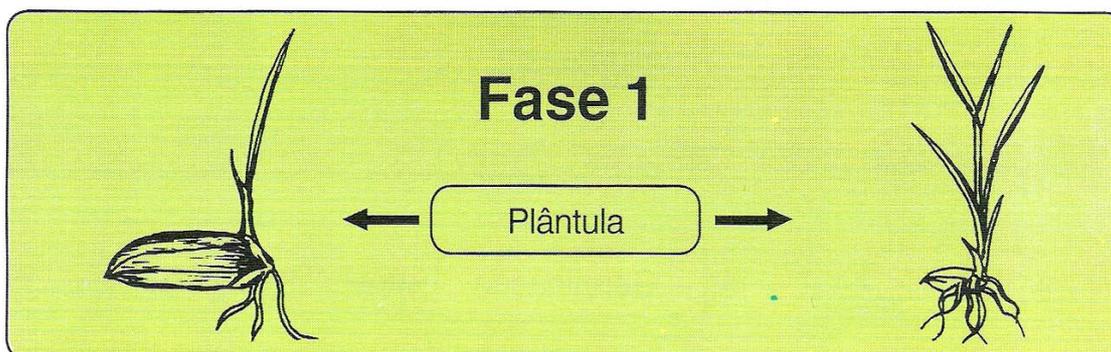


Período vegetativo

Fase zero – germinação: compreende desde a colocação da semente na água até o aparecimento da primeira folha, que ocorre em dois a quatro dias após a semeadura.



Fase um – plântula: compreende desde o aparecimento da primeira folha até a formação do primeiro afilho, que ocorre aproximadamente 18 a 20 dias após a semeadura.



Importante:

A água profunda provoca crescimento de plântulas altas, fracas e com poucas raízes. A falta de água provoca crescimento irregular e retardado, com poucas raízes.

As plantas se desenvolvem melhor com temperaturas altas. As baixas temperaturas podem provocar amarelecimento das folhas, morte ou retardamento do crescimento de plântulas.

Fase dois – perfilhamento: é a fase mais longa para a maioria das cultivares e define o comprimento do seu ciclo de vida. Compreende desde a formação do primeiro afilho até o aparecimento do quarto nó. O número de dias desta fase depende da cultivar.

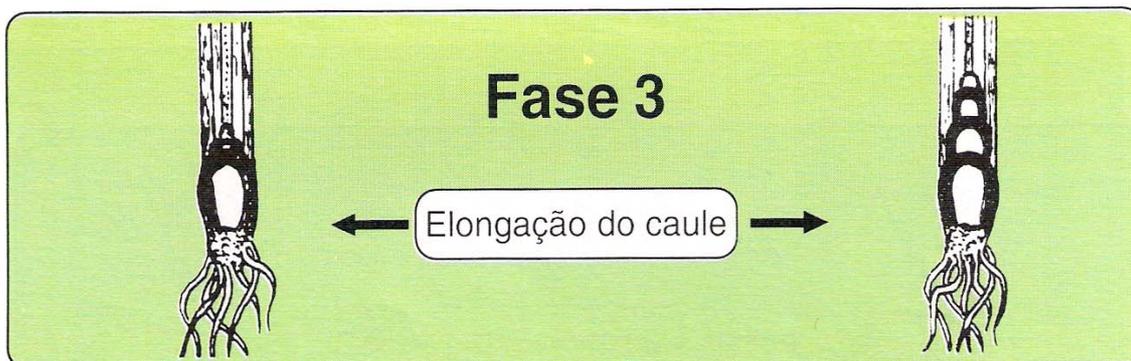


Importante:

As cultivares têm diferentes capacidades de afilhamento. O número de afilhos aumenta com o aumento da distância entre plantas. A água profunda diminui o afilhamento.



Fase três – alongação do caule: inicia no momento em que o quarto nó começa a ser notado, indo até o ponto de algodão.

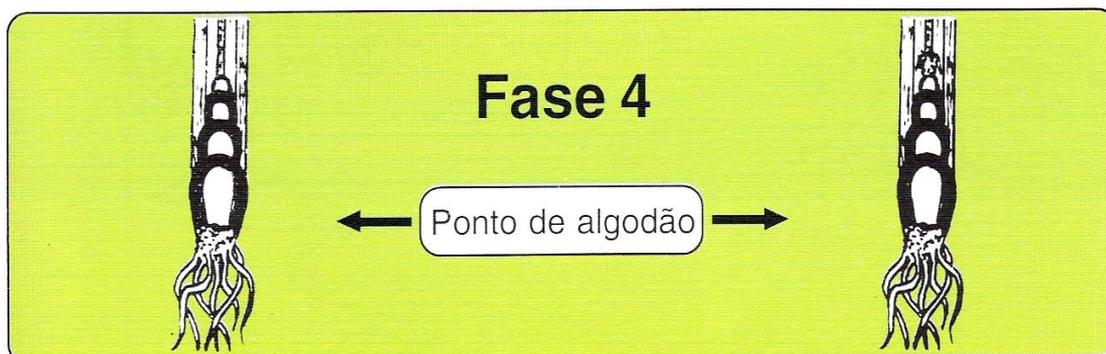


Importante:

Época ideal para a primeira aplicação de nitrogênio.

Período reprodutivo

Fase quatro – ponto de algodão: compreende o momento da formação da pluma de algodão sobre o quarto nó.





Importante:

Desta fase até oito a dez dias após a floração plena, manter a lâmina da água permanente.

Fase cinco – embarrigamento: compreende desde o ponto de algodão até a emissão da panícula.



Importante:

Em clima adverso (por ex: umidade do ar alta), o excesso de nitrogênio pode provocar brusone na panícula.

Fase seis – floração: começa com a emissão da panícula. A floração completa demora de quatro a sete dias em condições normais.



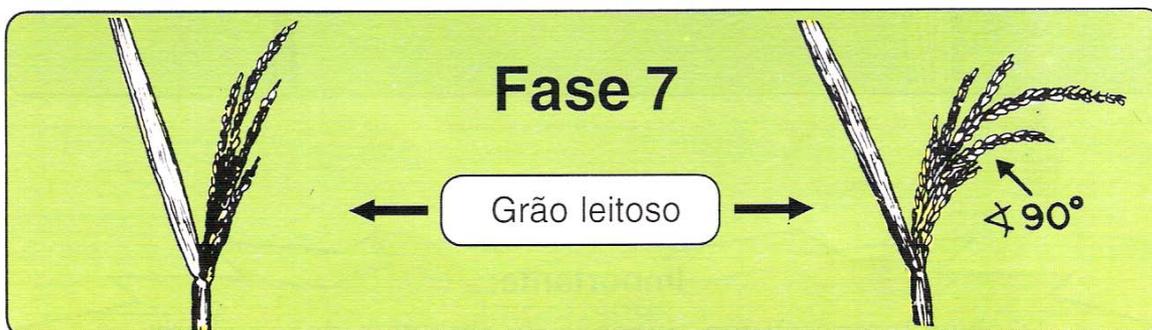
Importante:

Baixas temperaturas, excesso de chuvas e desequilíbrio nutricional podem prejudicar a fertilização das flores.



Período de maturação

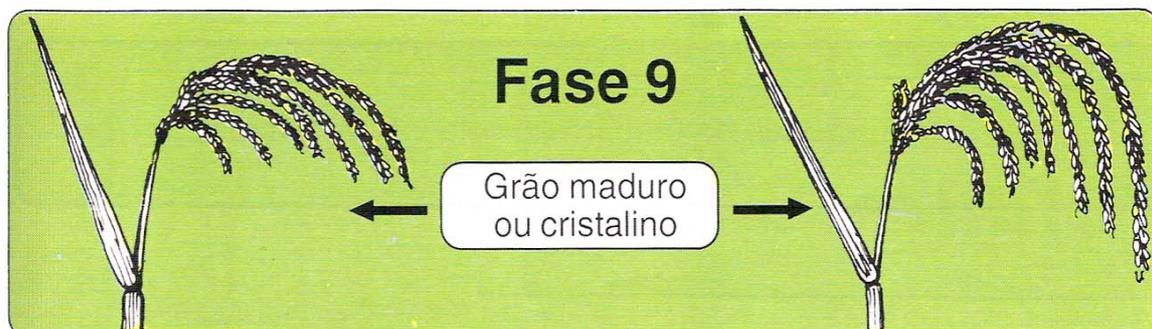
Fase sete – grão leitoso: inicia no momento em que a flor é fertilizada, indo até o ponto em que a panícula se curva, formando um ângulo de 90° , devido ao peso dos grãos do terço superior da panícula, caracterizando-se pelo conteúdo leitoso no grão.



Fase oito – grão pastoso: inicia quando a panícula forma um ângulo de 90° até formar um ângulo de 180° . Compreende a fase final de grão leitoso até a fase final de enchimento do grão, caracterizado por grão firme e amorfo.



Fase nove – grão maduro ou cristalino: é quando a umidade dos grãos está em torno de 22 a 26%. Neste momento deve ser iniciada a colheita.





4.1.2. Manejo da água e preparo do solo

O solo é o local onde a planta vai fixar suas raízes, retirar água e os nutrientes para poder crescer e produzir. Um solo bem preparado deve permitir o bom desenvolvimento das raízes, o bom controle das plantas daninhas, o bom manejo da água e o bom controle de pragas e doenças.

A profundidade do preparo do solo pode variar de 10 a 15 cm. Não é recomendada a subsolagem ou lavração profunda. Essas práticas podem provocar maior consumo de água, perda de nutrientes e atolamento de máquinas.

Além disso, todo trabalho de máquinas deverá ser feito com o mínimo de água, aparecendo os torrões. Deve-se trabalhar com baixa velocidade para evitar perdas de solo, fertilizantes e água por cima das taipas.

Dentre as práticas recomendadas para o *uso racional da água* podemos citar a inundação da área a ser cultivada com maior antecedência, a construção de taipas fortes, a manutenção da saída dos drenos fechada, a preparação o solo na água e escolha de evitar áreas altas e margens de rios. Pode-se ainda manter a lâmina de água baixa, melhorar os canais de irrigação, construir açudes ou barragens e manter encostas florestadas ou reflorestadas.

Com relação ao *manejo de irrigação*, podem-se tomar as seguintes medidas:

- Inundar a área 20 a 30 dias antes da semeadura;
- Semear em lâmina de 5 a 10 cm;
- Baixar o nível da água dois a cinco dias após semeadura, deixando uma pequena lâmina de água ou solo encharcado;
- Aumentar a lâmina de água conforme o crescimento do arroz;
- Retirar a água para aplicar herbicidas pulverizados;
- Fechar entradas e saídas de água para aplicação de inseticida ou herbicida em lâmina de água;
- Baixar a lâmina da água e fechar entradas e saídas para aplicar adubo nitrogenado;
- Drenar a área oito a dez dias após a floração.

4.1.2 Manejo de água e adubação com nitrogênio

A aplicação do nitrogênio deve ser realizada sempre em cobertura e duas vezes, quando necessário, a lanço, com as quadras cheias de água e com as taipas fechadas por um período mínimo de 5 a 7 dias. Depois deste período, apenas repor água, sem abrir as saídas.

4.1.3. Manejo de água e plantas daninhas ou invasoras

A planta daninha ou invasora é aquela que germina e se desenvolve em local não desejado. Existem plantas especializadas em se desenvolver em solo seco, outras em solo úmido ou alagado. No cultivo de arroz irrigado ocorrem estas três condições e, por isso, surge grande quantidade de plantas daninhas ou invasoras.



Estas plantas ocupam espaço destinado ao arroz e competem por luz, água e nutrientes. Em determinadas situações, alguns tipos diminuem sensivelmente o rendimento do arroz, desvalorizando o produto para o consumo e, principalmente, para semente. Pode haver ainda o aumento do de produção e beneficiamento.

O controle de ervas daninhas ou invasoras pode ser feito através de *gradagens* ou *rotativagens*. Esta técnica é muito utilizada no período da entressafra e pré-plantio. É uma prática muito eficiente e recomendável.

Outra forma de controle é o arranque manual ou corte. Esta prática é muito eficiente, especialmente quando se tratar de lavoura com baixa infestação, no aparecimento de uma nova espécie invasora ou quando se deseja colher arroz para semente. É recomendável especialmente para o controle do arroz vermelho e arroz preto.



Por último, pode-se utilizar a inundação, uma vez que a maioria das folhas estreitas e tiriricas não cresce em níveis de água acima de 5 cm. Além disso, as sementes de muitas plantas daninhas não germinam na água. A inundação é a prática mais eficaz no controle de arroz vermelho e preto.

4.1.4. Manejo de água e pré-germinação da semente

O arroz pré-germinado permite melhor controle do arroz vermelho e preto. A seguir, explicaremos algumas medidas para o seu manejo.

Fases da pré-germinação

• Hidratação

- Colocar as sementes na água;
- Em dias frios, hidratar por 36 horas;
- Em dias quentes, hidratar por 24 horas.

• Incubação

- Retirar as sementes da água e deixar escorrer por 1 a 2 horas;

Cuidados na incubação:

- Colocar as sementes na sombra e cobrir com lona, principalmente em dias frios;
- Manter as sementes úmidas, molhando-as, se necessário;
- Revolver sementes ou volumes para evitar superaquecimento e uniformizar a germinação;
- Semear com broto no tamanho de 2 mm, evitando semear com broto acima de 5 mm;
- Com broto muito grande, a semente fica leve, podendo ser arrastada pela ação do vento para beiradas e partes mais baixas do tabuleiro.



Atenção:

- Para solos argilosos e arenosos, o tamanho ideal do broto é de 2 mm, também ideal para semeadura aérea ou mecanizada.
- Em solos em que as sementes se enterram com facilidade, semear com broto um pouco maior, com radícula de até 10 mm (1 cm).
- Para retardar a germinação, colocar as sementes na água bem fria. Isto pode atrasar o crescimento do broto por um a dois dias.

4.1.5 Manejo de água e controle de pragas e doenças:

A. Bicheira da raiz

Esta praga ocorre geralmente em manchas onde a lâmina de água é mais profunda e, normalmente, próximo às taipas e drenos. Ela pode atacar a lavoura nas primeiras semanas após a semeadura, causando prejuízos.

O inseto adulto é um besouro pequeno, de cor marrom-acinzentada, com tamanho em torno de 3 mm. Sua larva é branca, medindo de 8 a 10 mm.

Controle da bicheira da raiz

- Realizar o bom nivelamento do solo. Esta prática dá bons resultados e deve ser a principal preocupação do agricultor;
- Demarcação das baixadas na lavoura para facilitar o controle;
- Incorporação da resteva;
- Eliminação de plantas daninhas das taipas, canais e arredores;
- Inspeção da lavoura para identificar focos e iniciar o controle;
- Aplicar nitrogênio em cobertura, para recuperação das plantas;
- Aplicação de produtos na dose recomendada, seguindo orientação técnica.

B. Lagarta boiadeira

A principal característica desta lagarta é cortar as pontas das folhas, formando um cartucho para se proteger. Esses cartuchos flutuam na água. À noite, as lagartas sobem nas plantas de arroz para se alimentar.

Controle da lagarta boiadeira

- Drenagem da lavoura por 2 a 3 dias.
- Aplicação de inseticida quando houver alta infestação. Procure orientação técnica para avaliação.



C. Brusone

É a principal doença do arroz, causada por um fungo que pode atacar toda a parte aérea. As medidas recomendadas de controle são geralmente as preventivas como utilizar cultivares resistentes ou tolerantes e sementes de boa qualidade, obedecer à época de plantio recomendada, preparar o solo cedo e adubá-lo de acordo com a análise de suas características, realizar um bom nivelamento do solo e manter a água na lavoura.

4.1.6 Avaliação do balanço hídrico

A avaliação do balanço hídrico é de extrema importância na cultura do arroz, permitindo o manejo de água de irrigação de modo a utilizar apenas o volume de água necessário ao adequado crescimento e desenvolvimento da planta.



Calha Parshall de 6" com sensor de nível para registrar vazão

Para tanto é fundamental medir ou estimar as entradas e saídas de água da lavoura mediante equipamentos à exemplo da Calha Pashall que permite medir a altura de lâmina de água. São estruturas simples de medida, mas que podem também registrar dados por meio de sensores de coleta e armazenamento (*Datalogger*). O balanço hídrico também pode ser estimado com o uso de informações sobre o clima (precipitação, temperatura e umidade relativa do ar).

No dossiê sobre o monitoramento hidrometeorológico, você pode encontrar mais informações sobre um destes aparelhos, o pluviômetro, que mede a quantidade de chuva precipitada.

Tais informações poderão ser utilizadas pelos Comitês de Bacia repassando para os usuários com vistas a melhoria da gestão dos recursos hídricos.

5. Descrição da aplicação da tecnologia

As tecnologias do manejo adequado de água de irrigação e medida de consumo hídrico serão conduzidas em 2 unidades-piloto. A primeira localiza-se na propriedade de Dona Neuza Fernandes, na comunidade de Santana, no município de Ermo. A segunda unidade localiza-se no Centro de Treinamento de Araranguá (CETRAR / EPAGRI), no bairro Cidade Alta, município de Araranguá.



Datalogger

Em cada unidade será aplicada a metodologia de manejo contínuo, sendo uma com arroz orgânico (Ermo) e outra no CETRAR/EPAGRI com arroz convencional.

As instalações no Centro de Treinamento de Araranguá / EPAGRI, onde foi adaptado e desenvolvido o Manejo Contínuo da água de irrigação, servirão de aplicada a tecnologia, servindo de local de difusão da



técnica através de visitas, dia de campo e cursos para rizicultores.

Na unidade-piloto de Ermo serão instalados equipamentos na entrada e na saída da lavoura, para monitorar o nível de água de irrigação para o Manejo Contínuo. As informações, após as devidas análises técnicas, serão utilizadas no trabalho de Educação Ambiental junto aos rizicultores e alunos de escolas municipais.



Lavoura Propriedade de D. Neuza Fernandes, safra 2006 / 07, Ermo / SC.



Lavoura no CETRAR / EPAGRI

Os alunos da Escola de Educação Básica Municipal Professora Laura Andrade, de Linha Contessi, Turvo, estudarão conteúdos relativos ao consumo e medidas de economia de água na cultura do arroz, com visitas de campo nas unidades-piloto.

6. Resultados esperados

Espera-se com a disseminação desta tecnologia ampliar o manejo contínuo da água entre os rizicultores da bacia do Araranguá, treinando e atualizando técnicos e agricultores. As informações geradas poderão ainda, dar suporte ao Comitê de Bacia no processo de decisão referente à outorga da água.

Por fim, a sensibilização das pessoas com relação à importância de adoção de práticas de manejo que contribuam para a sustentabilidade local e sua capacitação para atuação em processos de governança da água.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTHOFF, D.A. & KLEVESTON, **Resíduos sólidos suspensos e perdas de nutrientes no preparo de solo para arroz irrigado**. Agropecuária Catarinense, v. 9, n. 2, jun. 1996.

UN-WATER. COPING WITH WATER SCARCITY. UN-Water Thematic Initiatives. **A strategic issue and priority for system-wide action**. August 2006, Disponível em: <http://www.unwater.org/downloads/waterscarcity.pdf>, acesso em 23/10/2007.

VOLTOLINI, J. et al. **Curso profissionalizante de arroz irrigado: informações técnicas; módulo básico**. Florianópolis: Epagri/GTZ, 1998. 107 p.

UN-WATER. Disponível em: < <http://www.unwater.org/downloads/waterscarcity.pdf> >. Acesso em 23/10/2007.

1. Equipe

Paulo Belli Filho

Eng. Sanitarista - UFSC. Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (ENS). Mestre em Hidráulica e Saneamento (Escola de Engenharia de São Carlos – SP). Doutor em Química Industrial e Ambiental (Universite de Rennes I, U.R.I., França). Pós-Doutorado (Ecole Polytechnique de Montreal, EPM, Canadá).

Rejane Helena Ribeiro da Costa

Eng. Civil. Professora da Universidade Federal de Santa Catarina (ENS). Mestre em Hidráulica e Saneamento (Escola de Engenharia de São Carlos – USP). Doutora em Tratamento de Águas (Institut National des Sciences Appliquées, INSA, França). Pós-Doutorado (Université Montpellier I, Montpellier, França).

Paulo Armando Victoria de Oliveira

Eng. Agrícola. Pesquisador EMBRAPA Suínos e Aves. Mestrado em Pré Processamento de Produtos Agrícolas (Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP). Doutor em Sciences de Environnement (Ecole National Superieure Agronomique de Rennes, ENSAR, França).

Jucinei Comin

Eng. Agrônomo. Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (CCA). Mestre em Ciências do Solo. (Universidade Federal do Paraná, UFPR). Doutor em Biologia e Agronomia (Ecole Nationale Superieure Agronomique de Rennes, ENSAR, França).

Hugo Adolfo Gosmann

Eng. Agrônomo. Técnico da EPAGRI. Mestre em Engenharia Ambiental (Universidade Federal de Santa Catarina).

Iria Sartor Araujo

Eng. Agrônoma. Mestre em Ciência e Tecnologia Agroindustrial (Universidade Federal de Pelotas). Doutora em Eng. Ambiental (Universidade Federal de Santa Catarina). Bolsista DTI-CNPq.



2. Descrição da problemática social

2.1. Suinocultura em Braço do Norte

O município de Braço do Norte possui área total de 194 km², sendo que 184 km² são áreas rurais e 10 km² urbanas (IBGE, 2000). Cerca de 80% do total da área agrícola de Braço do Norte é ocupada por propriedades com menos de 100 hectares, e a suinocultura destaca-se como a atividade de maior expressão econômica (HADLICH, 2004).

Segundo dados do IBGE (2003), a população deste município é estimada em 29.845 habitantes, muito inferior ao número de suínos, que está em torno de 154 mil. É uma das cidades com maior índice de suínos por habitantes do Brasil.

Em Braço do Norte, um volume grande de dejetos é lançado no solo sem critérios e em cursos de água sem tratamento prévio, transformando-se numa importante fonte de poluição ambiental. Os dejetos, por não receberem tratamento adequado, também contribuem para o aumento da proliferação de insetos hematófagos, como por exemplo, *Simulium pertinax*, mais conhecido como borrachudo (DARTORA et al. 1998).

A significativa produção de suínos no município de Braço do Norte é o fator responsável por uma série de problemas relacionados com a poluição hídrica, pois grande parte dos dejetos produzidos acaba alcançando os cursos de água da região (BRASIL, 2002).

O rebanho de suínos é produzido em cerca de 180 granjas. Somente uma pequena parcela (19%) dos produtores está inserida no sistema de integração à agroindústria. Os restantes 81% comercializam sua produção diretamente com frigoríficos locais, que fazem a distribuição dos produtos para o Estado (EPAGRI-CIRAM, 2000).

De acordo com Belli Filho *et al.* (1997), alguns fatores como a falta de formação do pessoal, de orientação técnica dos produtores e ausência de controle ambiental pelos órgãos responsáveis apesar da disponibilidade de legislação avançada, faz com que a produção de dejetos gere conseqüências preocupantes, entre as quais podem ser citadas: a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, alteração das características do solo, poluição do ar por emissão de gases tóxicos e maus odores, entre outros.

2.2. Impactos causados pelos dejetos

O lançamento direto dos dejetos de suínos sem o devido tratamento nos cursos de água acarreta desequilíbrios ecológicos e poluição em função da redução de oxigênio dissolvido, disseminação de microorganismos que transmitem doenças e sua contaminação com elementos tóxicos (GOSMANN, 1997; ROESLER e CESCNETO, 2004).

A emissão de gases gerados por estes dejetos pode causar graves prejuízos nas vias respiratórias do homem e animais, bem como, a formação de chuva ácida através de descargas dessas substâncias ou compostos na atmosfera. Estes gases podem contribuir ainda para o aquecimento global da Terra (PERDOMO, 1999; LUCAS et al. 1999).



Da mesma forma, a aplicação sem critérios de dejetos no solo pode em algumas situações ser problemática do ponto de vista ambiental. O tamanho médio das propriedades nas regiões produtoras de suínos não comporta o volume de dejetos gerados levando a aplicações simultâneas nas mesmas áreas, bem acima da capacidade do solo de reciclar o dejetos (Scherer et al., 1996).

A Tabela 1 apresenta os riscos ambientais mais comuns associados com a criação confinada de suínos.

Tabela 1. Riscos ambientais da produção de suínos.

Produção de Suínos		
Recursos	Riscos	Fatores fundamentais
Solo	Níveis tóxicos de nutrientes no solo	Manejo inadequado dos dejetos
	Poluição do solo com metais pesados (Cobre, Zinco, Cádmio)	Manejo inadequado das rações e dejetos
	Destruição da vegetação por chuva ácida	Emissão de amônia
Água	Poluição da água superficial e subterrânea	Manejo inadequado dos dejetos
	Redução de água	Aumento no uso das fontes de água
Ar	Aquecimento global: emissão de gás carbônico, metano e óxido nitroso.	Aumento na emissão de gás responsável pelo efeito estufa
Biodiversidade	Redução da diversidade genética	Perda de raças nativas
	Aumento de doenças	Redução das resistências às doenças

Fonte: DE HAAN *et al.*, 1995.

Além da poluição na água, no ar e no solo, outros efeitos locais indesejáveis ocorrem na propriedade produtora de suínos, como os odores e a incidência de insetos, principalmente borrachudos e moscas.

Belli Filho e Lisboa (1998) identificaram no ar das proximidades das instalações de suínos mais de 160 substâncias. O odor emitido das instalações é derivado da decomposição anaeróbia da proteína presente nos dejetos e inclui amônia, dióxido de carbono, metano e sulfeto de hidrogênio. A principal preocupação relacionada aos efeitos provocados pelo odor são irritação dos olhos, nariz e garganta, irritação e sonolência. Além disso, os odores desagradáveis podem provocar um impacto negativo tanto no aspecto físico quanto mental.

Em relação à proliferação de moscas, estima-se que apenas um suíno, eliminando cerca de dois quilos de esterco por dia, representa um potencial para



produzir até 2.000 moscas. A espécie predominante é a *Musca domestica*, responsável pela transmissão de algumas doenças (PAIVA, 2002).

Os borrachudos são insetos do gênero *Simulium* e merecem uma atenção especial. As fêmeas desses insetos alimentam-se do sangue de mamíferos e aves e algumas espécies preferem o homem. Suas picadas doloridas, que provocam reação alérgica, comprometem a atividade agrícola e de lazer, além de serem vetores de doenças para aves, eqüinos e bovinos. A proliferação de mosquitos borrachudos é explicada como decorrência do elevado aporte de matéria orgânica proveniente de dejetos animais nos rios, que serve de alimento para as larvas dos mosquitos (DEMÉTRIO, 2003).

Diante deste panorama, é essencial que se faça um manejo e tratamento dos dejetos expostos e lançados no meio natural, que constituem um dos principais fatores de degradação ambiental, tornando a suinocultura insustentável. A busca por alternativas viáveis, tanto técnica quanto economicamente, apresenta-se como ferramenta indispensável para a sobrevivência dessa atividade, cujas exigências legais vêm se tornando cada vez mais rígidas e restritivas.

3. Economia de experiência das tecnologias

3.1. Tratamento de dejetos suínos

O tratamento dos dejetos suínos deve ser desenvolvido e adaptado, já que este tipo de resíduo compromete os recursos naturais. Por isso, a valorização da eficiência de produção e as tecnologias para diminuição da emissão de poluentes nos corpos receptores, são objetivos para alcançar a recuperação dos recursos naturais.

Para aquelas unidades de produção onde existe superávit de dejetos em relação à área agrícola disponível para a reciclagem, preconiza-se que uma das principais alternativas seria o emprego de sistemas de tratamento que proporcionem a redução da carga orgânica e de nutrientes a padrões que permitam o seu lançamento diretamente nos cursos d'água (PERDOMO, 2000; BELLI et al., 2000).

Conforme Miranda (2005), as ações de pesquisa, para o tratamento de dejetos suínos em Santa Catarina, iniciou na década de 90, com a formalização de um programa interinstitucional envolvendo EMBRAPA Suínos e Aves e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), com o objetivo de desenvolver e disseminar metodologias e tecnologias preventivas e corretivas da poluição decorrente da suinocultura, bem como para capacitar os profissionais de órgãos públicos e privados ligados à questão do saneamento ambiental rural.

A década de 90 também foi marcada pelos diagnósticos ambientais em algumas sub-bacias hidrográficas com elevada concentração de suínos em Santa Catarina, realizados por pesquisadores do CIRAM – EPAGRI, que permitiram a determinação dos pontos críticos de poluição, entre eles a região de Concórdia e de Braço do Norte, no oeste e no sul catarinense, respectivamente.

Desde 1995, o Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC vem realizando pesquisas sobre o tratamento de dejetos suínos. Já foram defendidas 4



teses de doutorado, 11 dissertações de mestrado e vários trabalhos de conclusão de curso, que estudaram diferentes sistemas.

Alguns dos estudos realizados estão listados abaixo. O sobrenome do autor aparece em negrito, e entre parênteses, o ano em que o trabalho foi apresentado na Universidade. Maiores informações podem ser obtidas a partir da referência bibliográfica completa ao final deste dossiê.

SILVA (1996) estudou lagoas de alta taxa de degradação em batelada;

GOSMANN (1997) identificou e comparou os sistemas de bioesterqueiras e esterqueira para armazenamento e valorização de dejetos suínos;

GOULART (1997) estudou o processo de compostagem como alternativa complementar para tratamento de camas biológicas de dejetos;

MEDRI (1997) pesquisou a modelagem e otimização econômica de sistemas de lagoas de estabilização;

BAVARESCO (1998) avaliou as lagoas de aguapés no tratamento terciário de dejetos;

TUMELERO (1998) avaliou diferentes materiais para o sistema de criação de suínos sobre cama;

PIRES (1999) avaliou o tratamento de dejetos suínos em meio anaeróbico e meio aeróbico com aeração intermitente;

CAZARRÉ (2000) avaliou a otimização de lagoas anaeróbicas em escala piloto;

DALAVÉQUIA (2000) avaliou três sistemas de lagoas de estabilização em escala piloto;

ZANOTELLI (2002) efetuou modelagem matemática de nitrogênio e fósforo em lagoas facultativas e de aguapés;

OLIVEIRA (2002) estudou o tratamento secundário e terciário de dejetos de suínos utilizando lagoas de alta taxa algal, aerada e maturação;

HENN (2005) estudou um sistema de esterqueiras e biodigestor em escala real para armazenamento do dejetos suíno e estabilização do lodo em uma pequena propriedade rural;

MONTEIRO (2005) avaliou um sistema de manejo de dejetos em uma pequena propriedade produtora de suínos;

MIRANDA (2005) efetuou a avaliação de Estratégias para a Sustentabilidade da Suinocultura;

ROMAN (2006) avaliou a relação entre a disposição de dejetos de animais como fertilizante e a qualidade da água em uma micro bacia hidrográfica do meio oeste catarinense;

PINTO (2006) avaliou a digestão anaeróbia na bioestabilização de resíduos sólidos orgânicos, lodos de tanques sépticos, dejetos de suínos e lixiviados;

ALVES (2007) estudou o tratamento e valorização de dejetos da suinocultura através de processo anaeróbico - operação e avaliação de diversos reatores em escala real;



BARTHEL (2007) avaliou lagoas de alta taxa, maturação e Aguapés em Sistema de Tratamento de dejetos de suínos: Avaliação de desempenho e dinâmica planctônica;

ARAUJO (2007) avaliou Lagoa Facultativa Aerada e de maturação, em escala real, como etapas secundária e terciária de tratamento de dejetos de suínos. 2007.

3.2 Uso de dejetos no solo

A utilização de dejetos de suínos como fertilizante é interessante por representar um recurso interno das propriedades rurais, tendo potencial para aumentar a produtividade de grãos, das pastagens e a fertilidade dos solos, além de constituir uma possibilidade concreta de destino adequado aos resíduos.

Os dejetos produzidos, tanto no sistema de manejo na forma líquida em esterqueiras quanto na forma sólida em cama sobreposta, podem ser utilizados na agricultura como fonte de nutrientes para as plantas. Todavia, dependendo das condições em que estes materiais são utilizados, esta prática agrícola pode desencadear problemas ambientais relativos à emissão de gases poluentes além da lixiviação de nutrientes (SCHERER, 1995).

No entanto, essa abordagem do problema requer a realização de estudos que permitam determinar a capacidade de depuração dos dejetos no solo e as alterações que poderão ocorrer em suas características químicas, físicas e biológicas a médio/longo prazo.

Neste sentido, o Departamento de Engenharia Rural da UFSC vem desenvolvendo desde 2001 pesquisas sobre o uso de dejetos suínos como adubo. Ao longo deste período foram desenvolvidas dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso, iniciação científica e estágios extra-curriculares, destacando-se :

- Indicadores biológicos no solo como uma alternativa para o uso racional de dejetos de suínos como adubo orgânico;
- Avaliação do volume de dejetos e da carga de poluentes produzidos por suíno nas diferentes fases do ciclo criatório;
- Valorização de dejetos de suínos: fertilização e qualidade do solo;
- Determinação do carbono e do nitrogênio da biomassa microbiana em área submetida à aplicação de dejetos de suínos;
- Suinocultura, dejetos e riscos ambientais – Avaliação do risco da acumulação de cobre e zinco nos solos fertilizados com dejetos de suínos.

4. Descrição detalhada das tecnologias

4.1. Tecnologias de tratamento anaeróbio e armazenamento de dejetos de suínos

O processo anaeróbio é normalmente empregado para efluentes com alta carga orgânica. Sua função principal é a degradação da matéria orgânica (DBO, DQO e SST), envolvendo principalmente a participação de bactérias facultativas (aeróbias e anaeróbias) e estritamente anaeróbias. De acordo com Belli F^o (1995), a utilização da



digestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos é importante, pois preserva seu poder fertilizante.

Os sistemas de tratamento apresentados neste dossiê são uma combinação de diversas tecnologias amplamente utilizadas em regiões com problemas decorrentes da atividade da suinocultura. Apresentaremos a seguir algumas delas que vêm demonstrando resultados positivos, sendo aplicadas e pesquisadas pela UFSC, EMBRAPA e Epagri.

4.1.1. Esterqueira

A esterqueira é um sistema de armazenamento para dejetos de suínos. Este sistema é um dos mais empregados em Santa Catarina e possui a função principal de armazenar os dejetos antes de aplicá-los ao solo, preservando o seu potencial de fertilização.

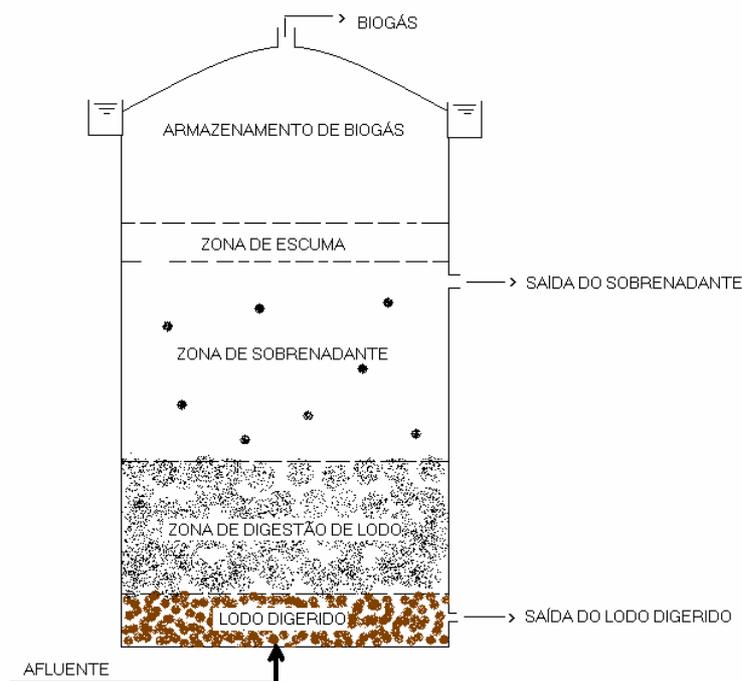
O sistema de esterqueira consta de apenas um compartimento, preferencialmente revestido, que serve como unidade de estocagem. Os dejetos devem permanecer ali por um tempo que varia de 90 a 120 dias, sendo conduzidos diretamente a um tanque, em fluxo descendente.

4.1.2. Biodigestor de lodo

O biodigestor é uma tecnologia capaz de tratar os dejetos suínos através de um processo chamado digestão. A partir dele é produzido o biogás e um tipo de fertilizante, chamado biofertilizante, que podem ser utilizados na propriedade.

Este processo é conhecido desde 1850, quando se observou que ao se manter sólidos orgânicos em um depósito fechado eles se convertiam ao estado líquido. Somente anos depois se constatou a produção de biogás. Hoje, esta prática é empregada com maior conhecimento dos seus fundamentos e controle do processo, favorecendo o dimensionamento dos chamados biodigestores (METCALF & EDDY, 1991).

Um biodigestor é constituído basicamente, de duas partes: uma câmara de digestão, onde os dejetos são tratados e há produção do biogás e do biofertilizante, e um gasômetro, local onde o biogás produzido é armazenado.



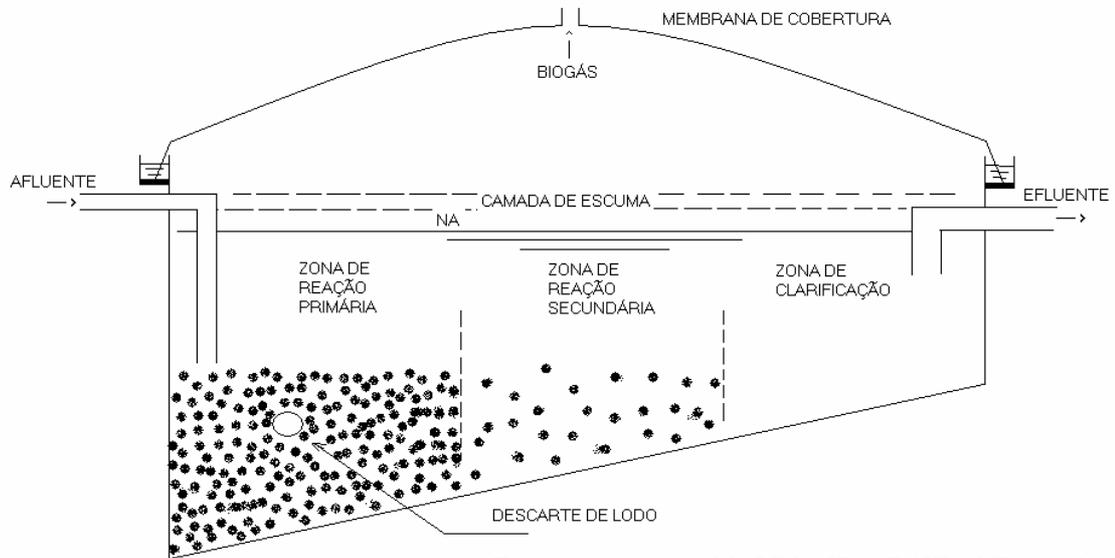
Fonte: Adaptado de Metcalf & Eddy (1991).

Figura 2. Representação esquemática de um biodigestor de lodo de fluxo ascendente.

4.1.3. Lagoas anaeróbias

As lagoas anaeróbias são muito utilizadas no tratamento de dejetos suínos. A palavra anaeróbia significa que este processo é realizado sem oxigênio, condição imposta através de uma determinada combinação entre as medidas utilizadas para o comprimento, a largura e a profundidade da lagoa.

Para o tratamento de dejetos suínos, recomenda-se que estas lagoas sejam profundas (2 a 4 metros) e impermeabilizadas com uma camada que evite o contato do líquido com o solo. Outra importante recomendação é a cobertura de sua superfície com uma lona para a coleta e aproveitamento do biogás que também é produzido nesta unidade de tratamento (Kimberly et al.,1997).



Fonte: Adaptado de MALINA JR & POHLAND (1992)

Figura 3. Esquema de funcionamento de uma lagoa anaeróbia coberta.

4.1.4 Reator UASB

O reator UASB foi desenvolvido na Holanda nos anos 70, possuindo boa adaptação ao clima do Brasil. Da mesma forma que as lagoas anaeróbias, esta tecnologia é utilizada para o tratamento de dejetos suínos, com produção de biogás.

Este reator está dividido em duas partes: uma inferior, onde ocorre a digestão, e uma superior, onde ocorre um processo chamado de sedimentação, cujos pequeninos sólidos que ainda ficaram presentes no líquido se deslocam para o fundo do reator. (Van Anel & Lettinga, 1994).



A Figura abaixo apresenta esquematicamente o funcionamento de um reator UASB:

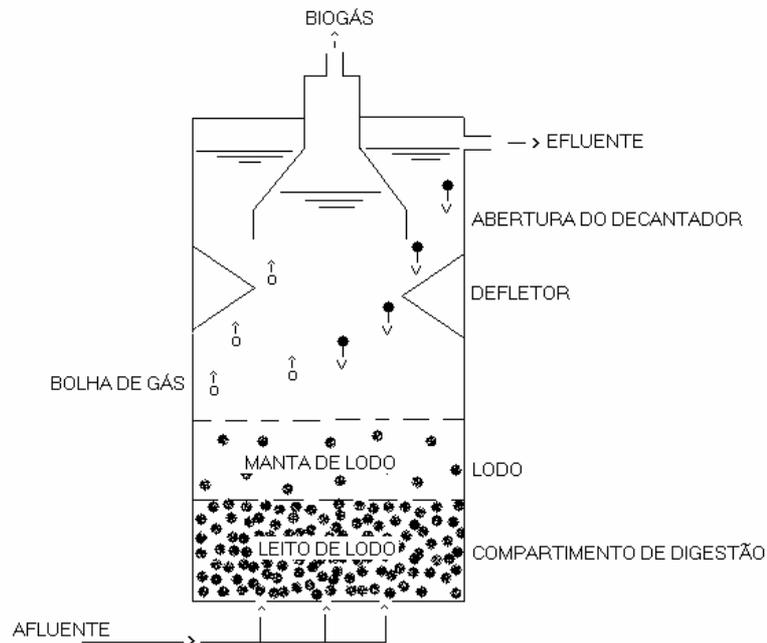


Figura 4. Esquema de funcionamento de um Reator UASB.

4.1.5 Lagoas de Estabilização

As lagoas de estabilização são um dos métodos mais simples de tratamento de efluentes, podendo ser usada para águas residuárias domésticas ou industriais. Funcionam bem em grandes amplitudes climáticas, do clima tropical ao ártico (VON SPERLING, 2002).

Estas são os sistemas mais usados para remoção de alguns microrganismos contaminantes (STOTT e TANNER, 2004). A radiação solar é conhecida por ser o agente principal de desinfecção do sistema de lagoas de tratamento de efluentes (CURTIS et al., 1992b).

Seu tamanho é estabelecido com base nos resultados esperados, e o Tempo de Detenção Hidráulica (TDH) é estimado dependendo da qualidade do efluente que se pretenda alcançar (KELLNER e PIRES, 1998).

A Tabela 1 apresenta a classificação das lagoas quanto ao Oxigênio Dissolvido (OD), quanto ao fluxo e outras concepções, como as lagoas de alta taxa, lagoas de algas macrófitas e sistemas integrados.



Tabela 1. Descrição das lagoas.

	Tipo	Descrição	Características
Quanto ao OD	Anaeróbia	Fermentação anaeróbia, ausência de oxigênio dissolvido. Lagoa primária.	TDH = 2 a 5 dias H = 3 a 4 m Carga = 100 a 400 g DBO/ m ³ .dia
	Facultativa	<u>Processos simultâneos</u> : fermentação anaeróbia, oxidação aeróbia e redução fotossintética; estratificação elevada. Lagoa primária ou secundária.	<u>Clima temperado</u> : TDH = 33-100 dias Carga = 50-150 kg DBO/ha.dia <u>Clima tropical</u> : TDH = 17-33 dias Carga = 100-350 kg DBO/ha.dia H = 1,20 a 2,0 m
	Aeróbia	<u>Estritamente Aeróbia</u> = equilíbrio da oxidação e fotossíntese em toda a coluna <u>Maturação</u> = OD mais elevado na superfície, pequena estratificação. Lagoa secundária ou terciária.	<u>Maturação</u> : TDH = 3-5 dias H = 0,60 a 1,50 m
Quanto ao Fluxo	Mistura Completa	Todo os elementos do efluente são misturados de forma instantânea, o conteúdo da lagoa é homogêneo em todos os pontos	Dispersão infinita. D = ∞
	Fluxo Disperso	Cada elemento do efluente tem um tempo de retenção diferente para cada período.	Dispersão variada. D = 0 a ∞
	Fluxo Pistão	Todo elemento do efluente sai da lagoa na mesma ordem que entrou	Dispersão nula. D = 0
Outras Concepções	Lagoas de Alta Taxa	Área reduzida; incorporação de nutrientes por biomassa algal, mistura mecânica.	TDH = 4 a 10 dias H = 0,20 a 0,60m
	Lagoa de Macrófita	Polimento final. Redução de nutrientes, sólidos e DBO remanescentes, além de metais pesados.	Uso de aguapés ou <i>Lemnas</i> ; problemas com destinação final da biomassa de plantas.
	Sistemas Integrados	<u>sistema padrão</u> : 2 variações: lagoa facultativa primária + série de 3 lagoas de maturação <i>ou</i> lagoa anaeróbia + lagoa facultativa secundária + série de 3 lagoas de maturação <u>sistema avançado</u> : ex. lagoa facultativa avançada (com diferentes profundidades ao longo da lagoa) + lagoa de alta taxa + lagoa de decantação algal + lagoa de maturação	<u>sistema padrão</u> : remoção de matéria orgânica nas lagoas primárias; remoção de nutrientes remanescentes na secundária; polimento nas lagoas de maturação. <u>sistema avançado</u> : favorece a captura do gás metano e utilização como fonte de energia, utilização da biomassa algal como fertilizante ou alimento, e o reúso dos efluentes

Fonte: Adaptado, SHILTON (2005); MENDONÇA (2000); JORDÃO e PESSÔA (2005).

A. Lagoas Facultativas

As lagoas facultativas são sistemas de estabilização da matéria orgânica, com Tempo de Detenção Hidráulica suficiente para que isto ocorra. Nelas ocorrem de forma simultânea a digestão anaeróbia (fundo), oxidação aeróbia (zona de transição) e redução



foto-sintética na superfície, através da biomassa algal. A espessura de cada camada depende das condições climáticas e da carga orgânica aplicada (VON SPERLING, 1996).

A grande vantagem desta tecnologia é que não produz maus odores, porém ocupa uma área grande da propriedade. Nestas lagoas, há a presença de algas que auxiliam no tratamento e conferem uma cor verde escura na coluna d'água.

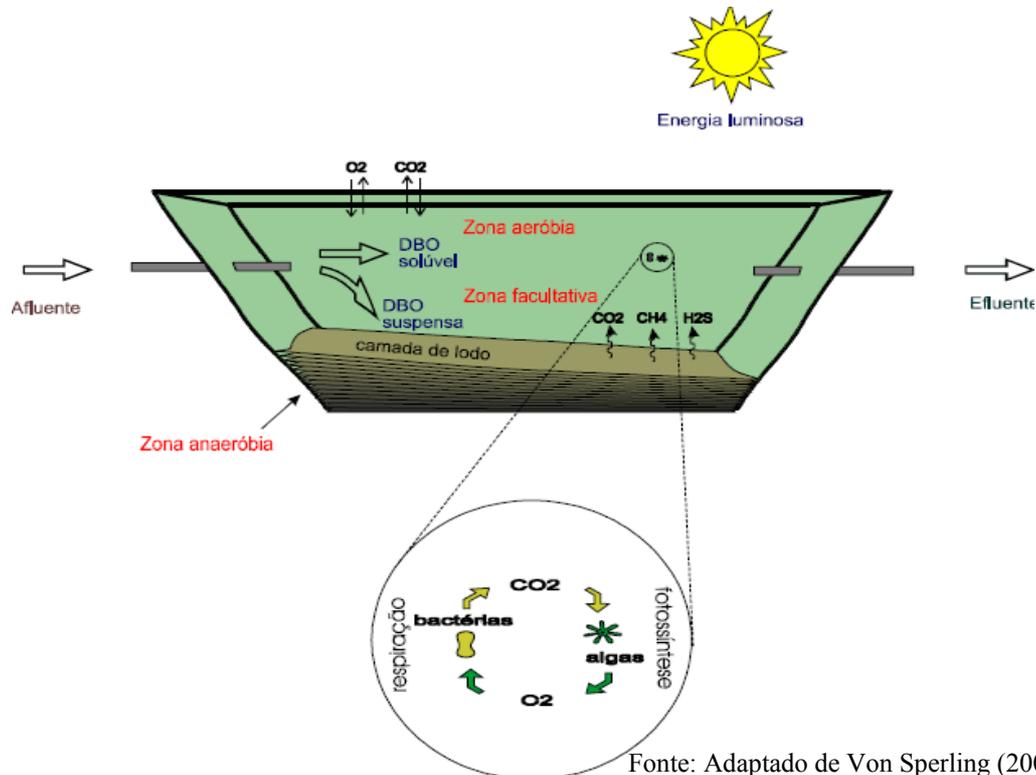


Figura 5. Esquema de funcionamento da lagoa facultativa.

B. Lagoas Facultativas Aeradas

As lagoas aeradas possuem um sistema de aeração mecânica, cuja principal finalidade é a introdução de oxigênio no meio líquido. Diminui o problema de maus odores e necessidade de grandes áreas, não superando 10% das áreas ocupadas pelos sistemas convencionais de lagoas (FLORES et al., 2000).

Estas lagoas têm sido utilizadas com sucesso para tratamento de despejos de pequenas e médias cidades e para tratamento de despejos orgânicos de atividades industriais (MAEKAWA et al., 1991).

Nas lagoas facultativas aeradas, a energia obtida por unidade de volume é suficiente apenas para a difusão do oxigênio para a massa líquida, sendo insuficiente para manter os sólidos em suspensão. Desta forma, a parte superior da lagoa é aeróbia e a inferior anaeróbia, devido aos sólidos sedimentados (KÖNIG, 2000). Por este motivo ela é chamada de facultativa.



C. Lagoa de Maturação

As lagoas de maturação são projetadas para promoverem a remoção de microorganismos que causam doenças, sendo construídas com profundidade menor ou igual a 1 metro. Estas lagoas também são chamadas lagoas de polimento e normalmente se localizam ao final dos sistemas de tratamento.

Estas lagoas são consideradas um método efetivo de baixo custo para remoção de patógenos (microorganismos que causam doenças), tornando-se uma boa alternativa para países em desenvolvimento, além disso, não necessitam de especialistas para a operação do sistema (PEARSON et al., 1987 b; PEARSON et al., 1987 c; MAYNARD et al., 1999).

D. Lagoa de Macrófitas (*Lemnas*)

A utilização de macrófitas aquáticas pode ser muito eficiente na remoção de nutrientes de efluentes da suinocultura. Segundo Tavares (2004), o uso de *lemnas* no tratamento de efluentes de suinocultura é uma alternativa viável quando aplicada na seqüência de outras lagoas. Desta forma, ela auxilia na redução da concentração de nutrientes como fósforo e nitrogênio, utilizando-os como fonte de energia e auxiliando na redução do impacto ambiental decorrente do lançamento deste efluente no ambiente.

Como as *lemnas* possuem um teor de proteínas significativo, elas podem ser utilizadas como ração animal, agregando mais uma fonte de renda à propriedade e tornando-a mais sustentável.

4.2. Uso de dejetos no solo

O uso adequado de dejetos suínos no solo pode constituir um adubo para as plantas, substituindo os adubos químicos, uma vez que as propriedades produtoras de suínos dispõem deste recurso. Estes dejetos apresentam vários elementos que ao serem adicionados no solo contribuem com o fornecimento de nutrientes para as plantas. Porém, sua dosagem deve ser definida considerando a necessidade das culturas a serem adubadas para se reduzir os riscos de poluição dos recursos hídricos, do solo e de desequilíbrios nutricionais às culturas.

A contaminação dos solos, por sua vez, é consequência da falta de critérios na aplicação de elevadas cargas de dejetos ou de sistemas de armazenamento sem revestimento impermeabilizante do solo (Oliveira et al., 1993). Quando grandes quantidades dos mesmos são aplicadas no solo ou as aplicações ocorrem durante vários anos, a capacidade de depuração e retenção dos nutrientes pode ser superada. Os principais problemas apontados na contaminação dos solos são a lixiviação de N-nitrato (NO_3^-), o escoamento superficial – que transporta fósforo, metais pesados, resíduos de antibióticos e sais (Brandjes et al., 1996) – e o acúmulo de nutrientes (Seganfredo, 2000).

Um dos critérios para a definição de doses de adubo é pelo fornecimento de nitrogênio (N) para as forrageiras de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004). A adubação com o esterco líquido de suínos e o fertilizante mineral deve ser ministrada de forma parcelada, enquanto a cama sobreposta de suínos pode ser aplicada em dose única, sempre observando os teores de nutrientes contidos.



Para a aplicação do dejetos líquido verifica-se a densidade do dejetos na esterqueira para cálculo da porcentagem de N existente (Tabela 2), de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC (2004).

Sabendo-se a dosagem e a quantidade de N que determinada cultura necessita, aplica-se parceladamente a quantidade em litros de dejetos necessários para atingir a porcentagem, conforme a tabela 2.



(I) Esterqueiras



(II) Coleta de dejetos na esterqueira



(III) Aplicação do dejetos nas parcelas

Figura 9. Esterqueiras (I), coleta (II) e aplicação de dejetos líquido nas parcelas (III).



Tabela 2. Relação entre a densidade e os valores de matéria seca (MS) e os teores de nutrientes de esterco líquido de suínos.

Densidade (2,3)	MS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Densidade (2,3)	MS	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
.....	%(m/v)	Kg/m ³	Kg/m ³	Kg/m ³	%(m/v)	Kg/m ³	Kg/m ³	Kg/m ³
1000	0,00	0,37	0,00	0,38	1026	5,28	4,36	3,91	2,13
1001	0,10	0,52	0,11	0,51	1027	5,51	4,51	4,06	2,19
1002	0,15	0,68	0,22	0,63	1028	5,74	4,67	4,22	2,25
1003	0,20	0,83	0,37	0,69	1029	5,96	4,82	4,37	2,31
1004	0,27	0,98	0,52	0,75	1030	6,19	4,98	4,53	2,38
1005	0,50	1,13	0,67	0,81	1031	6,41	5,13	4,68	2,44
1006	0,72	1,29	0,83	0,88	1032	6,65	5,28	4,84	2,50
1007	0,94	1,44	0,98	0,94	1033	6,87	5,43	4,99	2,56
1008	1,17	1,60	1,14	1,00	1034	7,10	5,59	5,14	2,63
1009	1,39	1,75	1,29	1,06	1035	7,32	5,74	5,29	2,69
1010	1,63	1,91	1,45	1,13	1036	7,56	5,90	5,45	2,75
1011	1,85	2,06	1,60	1,19	1037	7,78	6,05	5,60	2,81
1012	2,09	2,21	1,75	1,25	1038	8,02	6,21	5,76	2,88
1013	2,32	2,37	1,90	1,31	1039	8,24	6,36	5,91	2,94
1014	2,54	2,52	2,06	1,38	1040	8,47	6,51	6,05	3,00
1015	2,76	2,67	2,21	1,44	1041	8,69	6,66	6,20	3,06
1016	3,00	2,83	2,37	1,50	1042	8,97	6,82	6,38	3,13
1017	3,23	2,98	2,52	1,56	1043	9,18	6,97	6,53	3,19
1018	3,46	3,13	2,68	1,63	1044	9,39	7,13	6,68	3,25
1019	3,68	3,28	2,85	1,69	1045	9,61	7,28	6,83	3,32
1020	3,91	3,44	2,99	1,75	1046	9,84	7,43	6,93	3,38
1021	4,14	3,60	3,14	1,81	1047	10,06	7,58	7,12	3,44
1022	4,37	3,75	3,29	1,88	1048	10,30	7,74	7,27	3,50
1023	4,60	3,90	3,44	1,94	1049	10,52	7,89	7,42	3,56
1024	4,82	4,06	3,60	2,00	1050	10,75	8,05	7,58	3,63
1025	5,05	4,21	3,75	2,06					

Fonte: Barcellos (1992) e Scherer et al. (1995^{a,b}).

5. Descrição da aplicação da tecnologia

5.1 Pequena Propriedade – Sr. Valdir Wiggers

As instalações da pequena propriedade produtora de suínos descritas neste dossiê estão localizadas na região sul do Estado de Santa Catarina, no município de Braço do Norte, sobre a Bacia Hidrográfica do rio Coruja/Bonito. Esta propriedade pertence ao Sr. Valdir Wiggers e se situa no distrito de Pinheiral à estrada geral do Baixo Pinheiral, s/Nº. Ela está distante cerca de 9 Km do centro da cidade e na referida estrada está próxima ao posto de combustíveis de bandeira Polipetro. De forma complementar, pode-se afirmar que está distante cerca de 44 Km do centro da cidade de Tubarão e 182 Km do centro de Florianópolis.

5.1.1 Sistema de tratamento de dejetos suínos

O sistema na propriedade é composto por três unidades demonstrativas. Após a unidade de produção animal, os dejetos são conduzidos para o biodigestor que possui um volume útil de 90 m³. Este biodigestor é seguido de uma esterqueira, também chamada lagoa de armazenamento, com 360 m³ e de outra com capacidade para 240 m³.



A **Figura 1** mostra a localização do sistema de tratamento através de coordenadas geográficas.



Figura 1. Foto de satélite com coordenadas geográficas e alta resolução mostrando o sistema de tratamento e armazenamento existente na propriedade suinícola de Valdir Wiggers em Braço do Norte/SC (Fonte: Programa “Google Earth” – WEB).

Este sistema foi recentemente reformado visando readequações e melhorias técnicas, utilizando-se do conceito de economia de experiência, com o objetivo de monitorar as unidades demonstrativas valorizando as tecnologias já consolidadas e oferecendo ao entorno social alternativas e soluções para os problemas ambientais locais.

Dentre as três unidades, o biodigestor (**Figura 2**) e a lagoa de 240 m³ (**Figura 3**) foram reformados e, atualmente, estão sendo utilizados segundo a necessidade do produtor de suínos.



Figura 2. Biodigestor recuperado.



Figura 3. Lagoa de Armazenamento reformada (240 m³)

Em seguida, os dejetos são encaminhados para uma lagoa de lemnas (**Figura 4**) utilizada no polimento do efluente do biodigestor. As lemnas produzidas servirão para alimentação dos animais da propriedade, contribuindo desta forma para a sustentabilidade do ambiente rural.



Figura 4. Lagoa de Lemnas

Para melhorar a eficiência dos biodigestores é recomendada a redução do volume de água presente nos dejetos. Para isso, algumas medidas simples podem ser tomadas para auxiliar neste processo, como por exemplo, evitar o desperdício de água nas unidades de produção através do seu adequado gerenciamento criações. Sendo assim, bebedouros tipo ecológicos podem ser utilizados, e a limpeza das instalações pode ser realizada sem uso de água ou com uso restrito.



Além disso, deve-se prestar atenção com relação à adição de água aos dejetos pela chuva, quando existem problemas como beiral estreito, calha mal posicionada e rede coletora deficiente.

5.1.2 Uso de dejetos no solo

O uso de dejetos no solo é uma prática bastante utilizada entre os suinocultores da região. Porém, nesta propriedade estão sendo realizados experimentos que utilizam critérios em sua aplicação, constituindo-se num estudo de metodologias apropriadas. Os experimentos estão sendo conduzidos desde dezembro de 2002 em um sistema de plantio direto sem o uso de agrotóxicos.

As alternativas estudadas são: adubação com cama de suínos (CS), adubação com esterco líquido de suínos (EL), adubação química (AQ) com uma e duas vezes a necessidade de nitrogênio das culturas.

O cálculo da quantidade de nitrogênio (Figura 7 e 8) para as culturas de milho (Figura 5) e de aveia (Figura 6) é efetuado em função da análise do solo, da produtividade esperada e das quantidades de N presentes nos dejetos de suínos e no adubo de síntese química (Comissão de Fertilidade do Solo, 2004).



Figura 5. Vista parcial do experimento com a aveia em crescimento (09/08/2007).



Figura 6. Vista parcial do experimento com a aveia seca como cobertura do solo (01/10/2007).



Figura 7. Cálculo para o volume de dejetos líquidos a ser aplicado, baseado na análise química do solo.



Figura 8. Medida da densidade do dejetos para cálculo de volume a ser aplicado.

5.2 Média propriedade – Sr. Vilivaldo Michels

5.2.1 Sistema de tratamento de dejetos suínos

O sistema de tratamento de dejetos suínos foi implantado na propriedade média do Sr. Vilivaldo Michels, que como muitas outras, não tem condições de aproveitar parte ou todo o volume produzido de dejetos.

Esta propriedade está localizada na estrada geral do rio Cachoeirinhas, na Bacia Hidrográfica do rio Tubarão, sub-bacia do rio Cachoeirinhas, no município de Braço do Norte, região sul do Estado de Santa Catarina, a nordeste do município de Tubarão, conforme mostra a **Figura 10**.

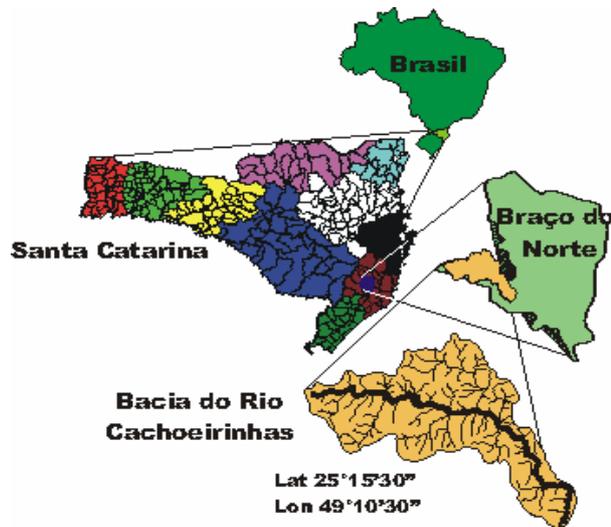


Figura 10. Localização da bacia hidrográfica onde se encontra o sistema instalado.

Um esquema da localização das instalações e das unidades de tratamento, na média propriedade produtora de suínos, pode ser observado na Figura 11.

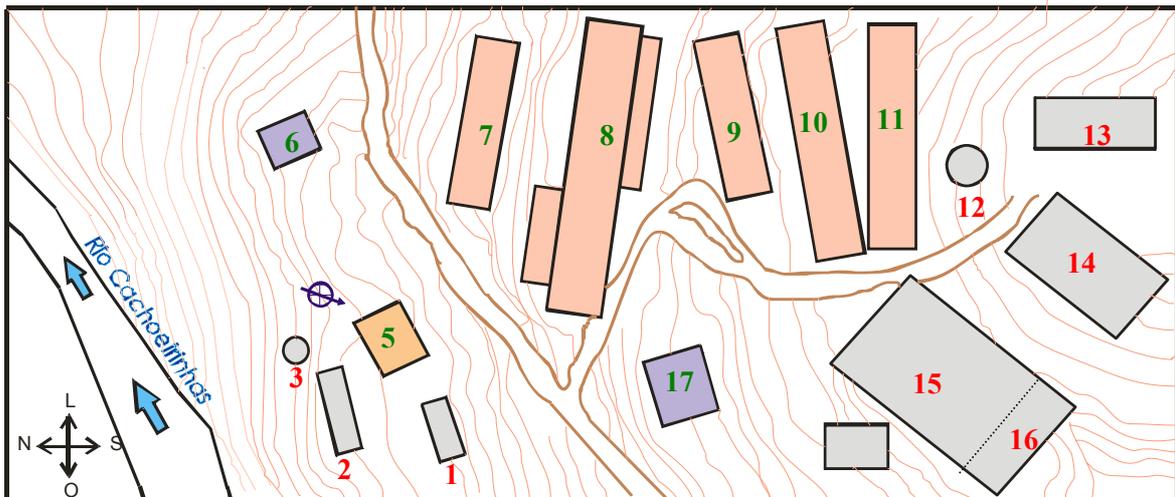


Figura 11. Croqui da Propriedade – Instalações e Sistema de Tratamento

Instalações	Unidades de Tratamento	Direção do Vento Predominante
5 Produção de ração	1 Lagoa de Decantação	4 NE→SO
6 Casa dos funcionários	2 Lagoa de Armazenamento	
7 Terminação	3 Biodigestor	
8 Crescimento	12 Reator UASB	
9 Creche	13 Lagoa Anaeróbia	
10 Maternidade	14 Lagoa Facultativa Aerada	
11 Matrizes	15 Lagoa de Maturação	
17 Casa do proprietário	16 Filtro de Pedras	



O dejetos da unidade de produção animal é encaminhado para uma **Lagoa de Decantação (Figura 12)**, que se constitui numa unidade auxiliar para remoção de sólidos sedimentáveis. Depois de decantado, o efluente (dejetos) é encaminhado para outra unidade de tratamento juntamente com o efluente proveniente do **Biodigestor de Lodo (Figura 13)**.

A **Lagoa Anaeróbia (Figura 14)** é a primeira unidade de tratamento pela qual os dejetos passam. Após a lagoa anaeróbia, os efluentes são encaminhados ao **reator UASB (Figura 15)**. O efluente do reator UASB é tratado pela série: **Lagoa Facultativa Aerada (Figura 16)**, **Lagoa de Maturação (Figura 17)** e **Filtro de Pedras (Figura 18)**. O Filtro de Pedras é utilizado também para polimento final do efluente, no caso a remoção de sólidos suspensos (algas ainda presentes no sistema).

A **Lagoa de Armazenamento (Figura 19)** recebe o volume de dejetos que não serão tratados pelo sistema, além das descargas de fundo das unidades de tratamento. Estas lagoas são as unidades de segurança do sistema. A partir da Lagoa de Armazenamento é feito o bombeamento do dejetos para a fertirrigação.



Figura 12. Lagoa de Decantação



Figura 13. Biodigestor de lodo



Figura 14. Lagoa Anaeróbia



Figura 15. Reator UASB



Figura 16. Lagoa Facultativa Aerada



Figura 17. Lagoa de Maturação



Figura 18. Filtro de Pedras



Figura 19. Lagoa de Armazenamento



Diante deste sistema já implantado, há uma demanda de reforma necessária a fim de aperfeiçoar as unidades em funcionamento e readequar outras unidades que não fazem parte do sistema existente. A lagoa de armazenamento, por exemplo, será transformada em um biodigestor.

Além disso, pretende-se otimizar o sistema de aeração da lagoa facultativa aerada, através da substituição da canalização de distribuição do ar e do reparo no quadro de comando do soprador.

O efluente final tratado – líquido que sai do filtro de pedras – pode ser reservado para reuso nas unidades de produção dos animais e/ou lançado no rio, atendendo assim ao objetivo de atender as demandas locais e apresentar tecnologias viáveis e voltadas a sustentabilidade ambiental do setor suinícola.

6. Resultados esperados

Espera-se com este trabalho, disseminar as tecnologias propostas para minimização do impacto ambiental causado pela a atividade da suinocultura, contribuindo assim com o processo de empoderamento da comunidade. Acredita-se ainda que por meio da divulgação e aprendizado de boas práticas, é possível capacitar o produtor de suínos para desenvolver e realizar projetos de desenvolvimento sustentável local.

Pretende-se ainda ao longo deste Projeto adequar as instalações já existentes; realizar o monitoramento e a operação das unidades de armazenamento e tratamento de dejetos suínos; e ainda, realizar a capacitação de pessoal através de cursos.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. G. C. M. **Tratamento e valorização de dejetos da suinocultura através de processo anaeróbio - operação e avaliação de diversos reatores em escala real.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina.

ARAUJO, I. S. **Avaliação de Lagoa Facultativa Aerada e de maturação, em escala real, como etapas secundária e terciária de tratamento de dejetos de suínos.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina.

BARTHEL, L. **Lagoas de alta taxa, maturação e aguapés em sistema de tratamento de dejetos suínos: avaliação de desempenho e dinâmica planctônica.** 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BAVARESCO, A. S. L. **Lagoas de aguapés no tratamento terciário de dejetos de suínos.** Florianópolis. 1998. 78 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina.

BELLI FILHO, P. Tecnologias ambientais para o desenvolvimento sustentável da suinocultura no sul do Brasil. In: Workshop sobre dejetos suínos, 1997. Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, CNPSA. 92 p. 1999.

BELLI FILHO, P. e LISBOA, H.L. Avaliação de emissões odorantes. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 3, p. 101-106, 1998.

BELLI FILHO, P. **Gestão Ambiental dos sistemas de produção de suínos para o sul do Brasil.** In: FRANKENBERG, C.L.C; RAYA-RODRIGUES, M.T; CANTELLI, M. (Org.) Gerenciamento de Resíduos e Certificação Ambiental. Porto Alegre: EDIPUCPR. 399 p. 2000.

BRASIL, D. M. **Apontamentos sobre o valor do prejuízo ecológico: Alguns Parâmetros da suinocultura em Braço do Norte.** 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2002.

CAZARRÉ, M. M. **Otimização de lagoas anaeróbias para tratamento de dejetos suínos.** Florianópolis, 2000. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC **Manual de Adubação e de Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.** 10º ed. Porto Alegre: NRS/SBCS, 2004. 400p.

DALAVÉQUIA, A. M. **Avaliação de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos.** Florianópolis, 2000. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

DARTORA, V. *et al.* **Manejo de dejetos de suínos.** Boletim Informativo de Pesquisa-Embrapa Suínos e Aves e extensão. EMATER/RS, ano 7, BIPERS no 11 março/1998, Concórdia-SC.

DE HANN, C.; STEINFELD, H.; BLACKBURN, H. **Livestock & Environment: Finding a balance.** 1995. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/resources/documents>> Acesso em maio de 2006.



- DEMÉTRIO, N. M. **Relatório avaliativo do levantamento de percepções sobre a qualidade de vida dos suinocultores das bacias hidrográficas do Rio Coruja/Bonito (Braço do Norte) e Lageado dos Fragosos (Concórdia)**. Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II, 2003 (mimeo).
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E DE EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE SANTA CATARINA - EPAGRI. Centro Integrado de Informações de Recursos Ambientais - CIRAM. **Inventário das terras da sub-bacia hidrográfica do rio Coruja / Bonito**. Florianópolis : EPAGRI – CIRAM, 2000. 112 p.
- GOSMANN, H. A. **Estudos comparativos com bioesterqueiras e esterqueiras para armazenamento e valorização dos dejetos suínos**. Florianópolis. 1997. 180 p.
- GOULART, R. M. **Processo de compostagem: alternativa complementar para tratamento de camas biológicas de dejetos suínos**. Florianópolis. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina. 128 p. Dissertação (Mestrado).
- HADLICH, G. M. **Poluição Hídrica Na Bacia do Rio Coruja-Bonito (Braço do Norte - SC) e Suinocultura: Uma Perspectiva Sistêmica**. 2004. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- HENN, A. **Avaliação de dois sistemas de manejo de dejetos em uma pequena propriedade produtora de suínos – condição de partida**. Florianópolis, 2005. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Relatórios Estatísticos. Censo Demográfico, 2000**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 13/10/06.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Pecuária Municipal, 2003**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 21/11/06.
- LUCAS, J; SANTOS, T. M. B.; OLIVEIRA, R. A.; **Possibilidade de uso de dejetos no meio rural**. In: WORKSHOP: MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E A AGROPECUÁRIA BRASILEIRA, n.1, 1999. Campinas. Memória. Embrapa Meio Ambiente. p. 42. 1999.
- MATTIAS, J. L.; **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006. 164f. Dissertação (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2006.
- MEDRI, W. **Modelagem e otimização de sistemas de lagoas de estabilização para tratamento de dejetos suínos**. Florianópolis, 1997. 205 p. Tese de doutorado (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina.
- MIRANDA, C. D. **Avaliação de estratégias para sustentabilidade da suinocultura**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- MONTEIRO, L. W. S. **Avaliação do sistema de manejo de dejetos em uma pequena propriedade produtora de suínos**. 2005. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia



Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

OLIVEIRA, P. J. P. **Tratamento secundário e terciário de dejetos de suínos utilizando lagoas de alta taxa algal, aerada e maturação.** Florianópolis, 2002. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina.

PAIVA, D. P. **As moscas como indicadores biológicos da alteração ambiental,** In: Curso de capacitação em práticas ambientais sustentáveis: Treinamento 2002. EMBRAPA Suínos e Aves. p. 28-38. 2002.

PERDOMO, C.C. *et al.* **Dimensionamento de sistemas e tratamento (decantador de lagoas) e utilização de dejetos suínos.** Concórdia-SC. Comunicado Técnico n. 234, Embrapa Suínos e Aves, p. 1-5, Abril/1999. Disponível em: <<http://www.suino.com.br/embrapa>> Acesso em: 15/05/2006.

PERDOMO, C. C. **Sugestões para o manejo, tratamento e utilização de dejetos suínos.** Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 2000. (EMBRAPA – CNPSA. Instrução técnica para suinocultor, n.12. Disponível em: <<http://www.suino.com.br/embrapa/012.htm>> Acesso em: 12/11/ 2006.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A.V.; KUNZ, A. **Sistema de tratamento de dejetos suínos: Inventário Tecnológico.** Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 2003. (Documentos, 85). Endereço eletrônico: <<http://www.suino.com.br/embrapa>> Acesso em: 12/01/2007.

PINTO, R. O. **Avaliação da digestão anaeróbia na bioestabilização de resíduos sólidos orgânicos, lodos de tanques sépticos, dejetos de suínos e lixiviados.** 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina.

PIRES, P. S. G. **Tratamento de dejetos suínos em meio anaeróbio e meio com aeração intermitente.** Florianópolis, 1999. 74 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina.

ROESLER, M. R. V. B e CESCNETO, E. A. **A produção de suínos e as propostas de gestão de ativos ambientais: o caso da região de Toledo no Paraná.** p. 19. Toledo-PR, 2004.

ROMAN, A. D. J. **Avaliação da relação entre a disposição de dejetos de animais como fertilizante e a qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do meio oeste catarinense.** 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina.

SEGANFREDO, M. A. & JÚNIOR, V. P. **Dejetos suínos: adubo ou poluente?** Concórdia, 2005. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br>. Acessado em: 28 de agosto de 2007

SCHERER, E. E.; AITA, C. & BALDISSERA, I. T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante.** Florianópolis, EPAGRI, 46p. (Boletim técnico), 1996.

SILVA, F.C.M. **Tratamento dos dejetos de suínos utilizando lagoa de alta taxa de degradação em batelada.** Florianópolis, 1996. 120 p. dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina.



TAVARES, F. A. **Eficiência da Lemna sp. No tratamento de efluentes líquidos de suinocultura e sua utilização como fonte alternativa de alimento para tilápias.** Florianópolis, 2004. 86 p. dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina.

TUMELERO, I. L. **Avaliação de materiais para sistema de criação de suínos sobre cama.** Florianópolis. 1998. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina.

ZANOTELLI, C. T. **Modelagem matemática de nitrogênio e fósforo em lagoas facultativas e de aguapés para tratamento de dejetos suínos.** Florianópolis, 2002. 162 p. Tese de Doutorado (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina.

1. Equipe

Paulo Belli Filho

Eng. Sanitarista - UFSC. Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (ENS). Mestre em Hidráulica e Saneamento (Escola de Engenharia de São Carlos – SP). Doutor em Química Industrial e Ambiental (Universite de Rennes I, U.R.I., França). Pós-doutorado (Ecole Polytechnique de Montreal, EPM, Canadá).

Maurício Luis Sens

Eng. Sanitarista - UFSC. Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (ENS). Doutor em Engenharia Sanitária e Ambiental (Universite de Rennes I, França). Pós-doutorado (Limoges, França).

Armando Borges Castilhos Jr.

Eng. Sanitarista - UFSC. Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (ENS). Doutor em Gestão e Tratamento de Resíduos Sólidos (Institut National des Sciences Appliquées de Lyon - INSA de Lyon). Pós-doutorado em Gestão de resíduos sólidos urbanos e industriais (Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris - ISIGE/ENSMP e na Université du Québec a Montréal e de Sherbrooke).

Luis Sérgio Phillipi

Engenheiro Civil - UFSC. Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (ENS). Mestre em Hidráulica e Saneamento (EESC/USP). Doutor em Hidrologia (Université de Montpellier I –França). Pós-doutorado (Université de Montpellier I e II - França).

Flávio Rubens Lappoli

Engenheiro Civil - UFSC. Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (ENS). Mestre em Engenharia de Produção (UFSC). Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento (Universite de Montpellier II). Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento (USP).

Elivete Carmem Clemente Prim

Engenheira Sanitarista - UFSC. Mestre em Engenharia Ambiental Doutoranda do Programa de Pós-Graduação do Depto. de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.

Gustavo da Silva Ferrari

Graduando do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.

Bruno Segalla Pizzolatti

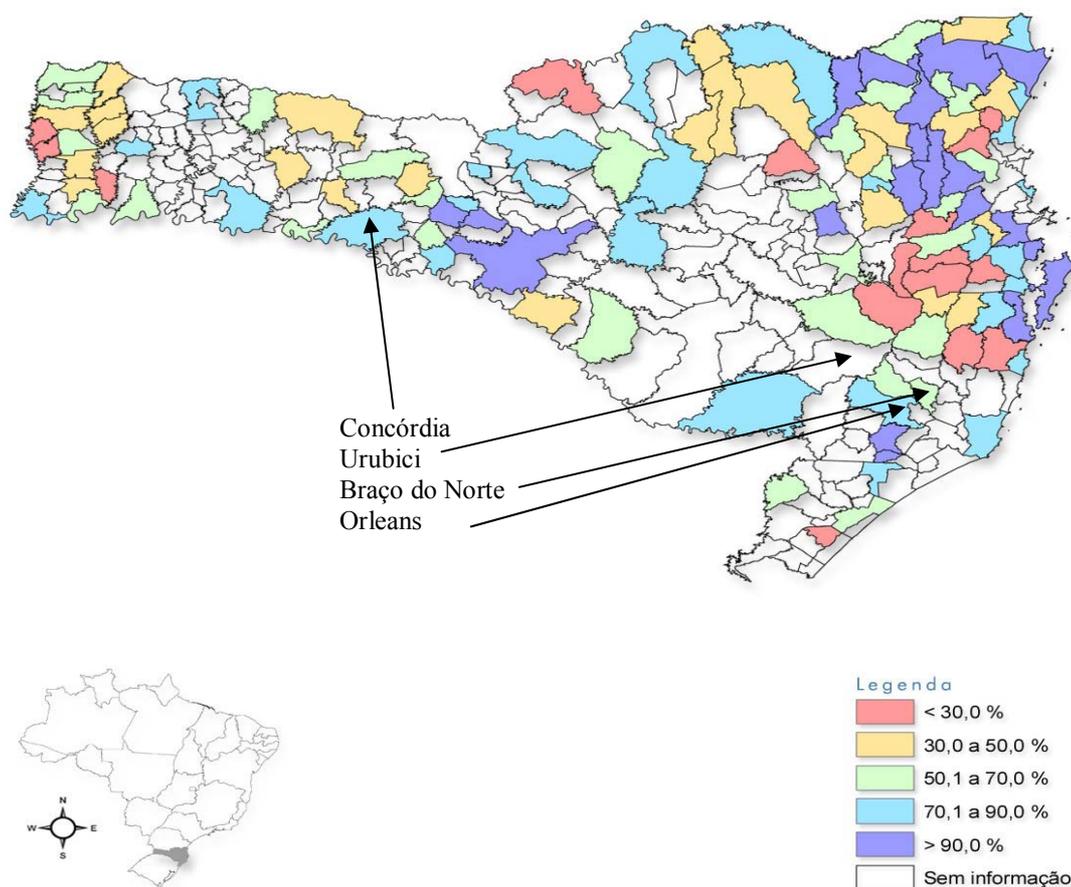
Graduando do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.



2. Descrição da problemática social

O setor de saneamento em Santa Catarina apresenta-se em situação crítica, com distribuição de água comprometida por enchentes e estiagens, redução da qualidade dos mananciais, e ainda, demanda cada vez maior em função do crescimento populacional e falta de investimentos nos sistemas existentes.

Sabe-se que cerca de 22,7% da população total do Estado não conta oficialmente com redes públicas de abastecimento de água potável. No entanto, esta percentagem ainda é superior à média nacional. A figura 1 apresenta a distribuição espacial do índice de atendimento total de água em Santa Catarina, onde se pode observar a faixa percentual de população atendida pelo abastecimento de água potável. Os percentuais são baseados no índice de atendimento total de água, calculado pelo SNIS, onde a população total do Estado abastecida com água é dividida pelo total de população atendida por município. Concórdia e Orleans se encontram na faixa de 70 a 90% de atendimento, Braço do Norte de 50 a 70% e para Urubici o SNIS não tem informação disponível.



Fonte: SNIS (2004)

Figura 1. Distribuição espacial do índice de atendimento total de água.

Segundo o Relatório da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB do ano 2000, dos 447 distritos do Estado, somente 363 possuem rede geral de distribuição



de água, sendo que 49 deles não possuem nenhum tipo de tratamento e mais da metade recebe somente fluoretação. Nos distritos restantes, as soluções alternativas para obtenção deste recurso são, principalmente, poços particulares, cursos d'água e bicas. Ainda de acordo com o Relatório, 30 distritos atendidos por esta rede sofrem com problemas de seca ou estiagem, resultando na necessidade de racionamento de água ou obtenção desta por outros meios durante algumas épocas do ano.

Além do abastecimento de água à população, outra importante questão referente ao saneamento básico são as redes de esgotamento sanitário. No Brasil, cerca de 63% da população total não é servida por uma rede pública de coleta de esgoto, sendo que em Santa Catarina este número cresce para 95,6%. De maneira geral, tem-se que dos 447 distritos existentes no Estado, somente 96 possuem rede coletora de esgoto, ou seja, 21%, e somente 52 deles possuem algum tipo de tratamento, o equivalente a 12% do total. Os distritos que não possuem rede coletora de esgoto utilizam como principal alternativa as fossas sépticas e o sumidouro (SNIS, 2003).

Vale lembrar que estes dados se referem somente a presença de coleta ou tratamento, não revelando a percentagem de cobertura destes serviços em cada distrito. Isto quer dizer que o fato de possuir tratamento de esgoto não garante que este tratamento atinja 100% dele. Outra questão importante está relacionada ao tipo de tratamento que possuem: somente a minoria conta com um sistema complementar, que engloba etapas importantes como a desinfecção ou remoção de nutrientes.

No tocante ao gerenciamento de resíduos sólidos domésticos no país, tem-se o conhecimento de uma realidade de inadequação deste setor, o que vem se tornando um problema cada vez mais grave, face às crescentes alterações quantitativas e qualitativas pelas quais estes resíduos estão passando nos últimos anos (PEREIRA NETO et al, 2007).

O aumento do volume de resíduos produzido por indivíduo, ocasionado principalmente pelo grande oferta de produtos industrializados no mercado, juntamente com o crescimento populacional, tem apresentado conseqüências diretas no aumento da geração de lixo. Desta forma, cresce a necessidade de áreas para sua disposição final. Como agravante, soma-se o fato de que as soluções propostas e/ou adotadas na maioria dos casos, não trazem uma preocupação tecnicamente segura do ponto de vista sanitário e ambiental, além de se mostrarem totalmente desvinculadas dos aspectos sociais e econômicos associados ao problema.

As formas de tratamento e destinação final do lixo, consideradas ambientalmente adequadas e sanitariamente seguras, têm sido pouco utilizadas em nosso país. Segundo PNSB (2000), uma estimativa do IBGE indica que a maioria dos municípios brasileiros (63,5%) despeja os resíduos gerados a céu aberto, constituindo os Lixões (figura 2).

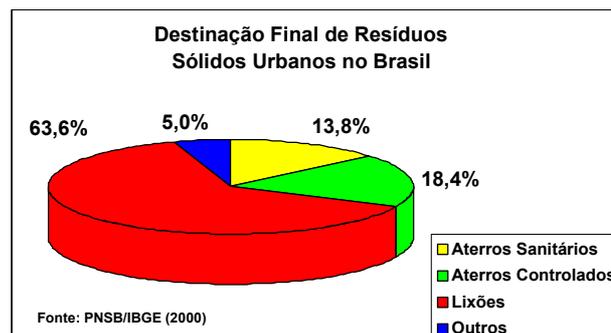


Figura 2. Disposição final do lixo nos municípios brasileiros. Fonte: IBGE/PNSB (2000).



Este quadro tem ocasionado diversos prejuízos com relação à saúde pública, ao meio ambiente e ao desenvolvimento econômico, dentre os quais se destacam:

- ✓ *Problemas de ordem social* devido à atração de pessoas que sobrevivem do "garimpo" de materiais comercializáveis (e até de alimento) nestes locais;
- ✓ *Degradação ambiental*, devido à contaminação do ar, do solo e dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (muitas vezes irreversível);
- ✓ *Atração e proliferação de vetores biológicos*, responsáveis pela transmissão de uma série de doenças, com graves reflexos na saúde pública (principalmente infantil);
- ✓ *Desvalorização de imóveis* situados próximos ao local de disposição final, etc.

O panorama aqui apresentado evidencia que a carência de saneamento básico no Estado é, no mínimo, preocupante. Acredita-se que em zonas rurais este quadro pode ser revertido, ou pelo menos minimizado, por meio da adoção de tecnologias com potencialidade de se tornarem sociais, para o consumo de água de fontes clássicas (rios, poços e açudes) e não convencionais (água de chuva), para o tratamento dos esgotos individualizados e eficientes, e ainda, para manejo correto dos resíduos sólidos nas comunidades.

O objetivo específico 3 pretende projetar e construir unidades demonstrativas para o tratamento de água, esgoto e resíduos sólidos, afim de disseminar informações e tecnologias testadas e aprovadas, auxiliando na minimização dos problemas de saneamento básico enfrentados pela região.

Dentre as propostas de tecnologias para o tratamento de água está a introdução de *potabilizadores solares* utilizados no tratamento de águas salinas, salobras ou contaminadas, podendo ser projetados para uma residência unifamiliar ou multifamiliar.

Outra tecnologia recomendada é a *filtração em margem* que se constitui num tratamento de água alternativo de baixo custo e eficiente. Os benefícios imediatos no uso desta tecnologia são principalmente a diminuição do consumo de produtos químicos no tratamento completo de águas de abastecimento e dos custos de operação das Estações de Tratamento de Água (ETA).

Por último, sugere-se a *filtração lenta com retrolavagem*, empregada para tratar água de forma coletiva, para uma cidade ou um vilarejo agrícola, ou ainda, para uma ou mais propriedades agrícolas de forma associada. Esta tecnologia possui como vantagem principal a facilidade de operação e manutenção.

Quanto ao tratamento de esgoto apresentaremos soluções baseadas no emprego de *fossa séptica* combinado com *filtros plantados com macrófitas*, também conhecidos como *Wetlands*. Estes filtros promovem reduções significativas de nutrientes quando utilizados como pós-tratamento de lagoas de estabilização ou fossas sépticas, auxiliando na prevenção de desequilíbrios ambientais causados pelo lançamento de excesso de nutrientes comuns em sistemas tradicionais.

Enfim, com relação a problemática de resíduos sólidos, apresentaremos uma proposta de *Gerenciamento de resíduos* a ser implantada em escola ou propriedade agrícola. A partir dela, pretende-se realizar um diagnóstico dos resíduos gerados, verificando-se as possibilidades de triagem, reciclagem e tratamento, sendo este último a tecnologia de *compostagem*.



3. Economia de experiência da tecnologia

3.1. Potabilizador solar

As técnicas de destilação solar são usadas há mais de 100 anos. A primeira aplicação conhecida foi em 1872, no norte do Chile, para suprir com água potável a população de mineiros que trabalhavam em minas de sal-gema daquela região. Este primeiro destilador, composto de unidades de 60 m² e com uma área total de 4400 m², foi até 1908 a única fonte de água potável para aquela comunidade. (KREITH e KREIDER, 1978; TLEIMAT, 1979; STEC - PB, 1984; SEE, 1960, citado por DUFFIE e BECKMAN, 1991; RIOS, 2000).

O Laboratório de Potabilização da Água (LAPOÁ), do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, vem realizando pesquisas nesta área em parceria com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Apresentaremos aqui uma das pesquisas de mestrado realizadas no Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, que desenvolveu um equipamento de potabilização solar, capaz de produzir 8 litros de água potável por dia a partir de água bruta salgada ou salobra, com objetivo de aplicação em residências rurais ou isoladas, principalmente em locais onde os aquíferos subterrâneos são de água salobra.

Trata-se da produção de água para beber sem uso de eletricidade, de produtos químicos e elementos filtrantes. O Potabilizador solar tem a forma de uma pirâmide; suas faces são de vidro para permitir a entrada dos raios solares durante todo o tempo independente da posição do sol e do próprio equipamento. Os testes realizados envolveram variações na altura da lâmina d'água ou do volume no interior da pirâmide (figura 3), inclinação das faces e grau de poluição da água bruta. A eficiência do equipamento foi medida através da produção e da qualidade da água (análises físico-químicas e bacteriológicas).



Figura 3. Teste de melhor lamina d'água
Fonte: SOARES(2006)



Figura 4. Equipamento construído.
Fonte: SOARES(2006)

O Potabilizador solar é, sem dúvida, um dos equipamentos de uso mais simples, além de indiscutível eficiência, na área do atual aproveitamento da energia solar. De manutenção praticamente sem custos operacionais, purifica água contaminada ou salgada, tornando-a adequada para consumo humano e animal (STEC - PB, 1984).



3.2. Filtração em margem

Há mais de 100 anos, a filtração em margem, especialmente a realizada nas margens de rios, vem sendo aplicada na Europa para o tratamento de águas de abastecimento (Ray, C. et al., 2003). A primeira utilização que se tem conhecimento desta tecnologia com finalidade de abastecer a população é de uma Companhia no Reino Unido (*Glasgow Waterworks*), que construiu uma tubulação drenante paralela ao rio de Clyde em 1810 para extrair água filtrada da margem do rio. Em meados do século XIX, esta mesma tecnologia foi adotada oficialmente na Europa para produzir água potável (Ray, C. et al., 2003).

Atualmente, a filtração em margem é utilizada em países como a Alemanha, Holanda, Iugoslávia e Estados Unidos. Para se ter uma idéia, na Alemanha as fontes de água usadas para abastecimento estão distribuídas da seguinte forma: 63,6 % equivalem às águas subterrâneas; 15,3 % a mistura da água de filtração em margem com a subterrânea; 13,3 % a água de superfície e 7,8 % a de nascentes (Ray, C. et al., 2003). Nos Estados Unidos, o interesse pelo uso desta tecnologia é cada vez maior devido ao seu baixo custo e por se constituir num tratamento completo ou alternativo aos sistemas de filtração para remover microrganismos patógenos da água.

No Brasil, a filtração em margem geralmente não é utilizada para o abastecimento público, porém há casos em que esta tecnologia é utilizada inconscientemente nas margens do rio. Como exemplo, podemos citar a região do Alto Vale do Itajaí, no Estado de Santa Catarina, onde a população é acostumada a abastecer-se com água de boa qualidade construindo poços, normalmente de 1,2 a 1,5 m de diâmetro ao longo de alguns afluentes do rio Itajaí Açú. Dependendo da profundidade adotada, estes poços podem provocar um desnível entre o fundo do poço e o nível da água do rio. Este desnível aumenta em momentos de enchentes, e dependendo da vazão de bombeamento, parte da água vem provavelmente do rio e parte do lençol freático alimentado por águas de chuvas.

Em Florianópolis, Santa Catarina, a Estação de Tratamento de Água Lagoa do Peri, (figura 5), que emprega a tecnologia de Filtração direta descendente, apresentou problemas devido à alta concentração de algas presentes no manancial, as quais colmatam os filtros, dificultando seu processo de operação. Diante desta problemática, o LAPOÁ propôs um pré-tratamento com a filtração em margem, de forma a eliminar as algas.

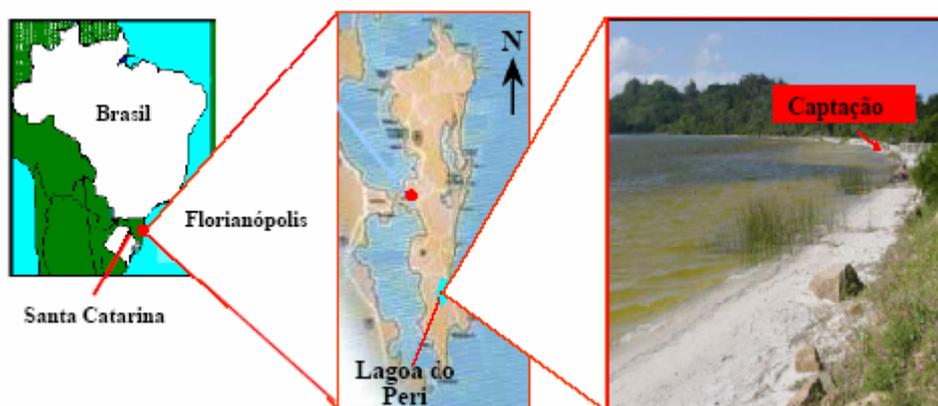


Figura 5. Localização da captação da ETA da CASAN na Lagoa do Peri. Fonte: RABELLO (2006)



A implantação deste sistema foi acompanhada por alguns projetos de pesquisa do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da UFSC, cujos resultados demonstraram a viabilidade e a potencialidade da área para implantação deste método de pré-tratamento.

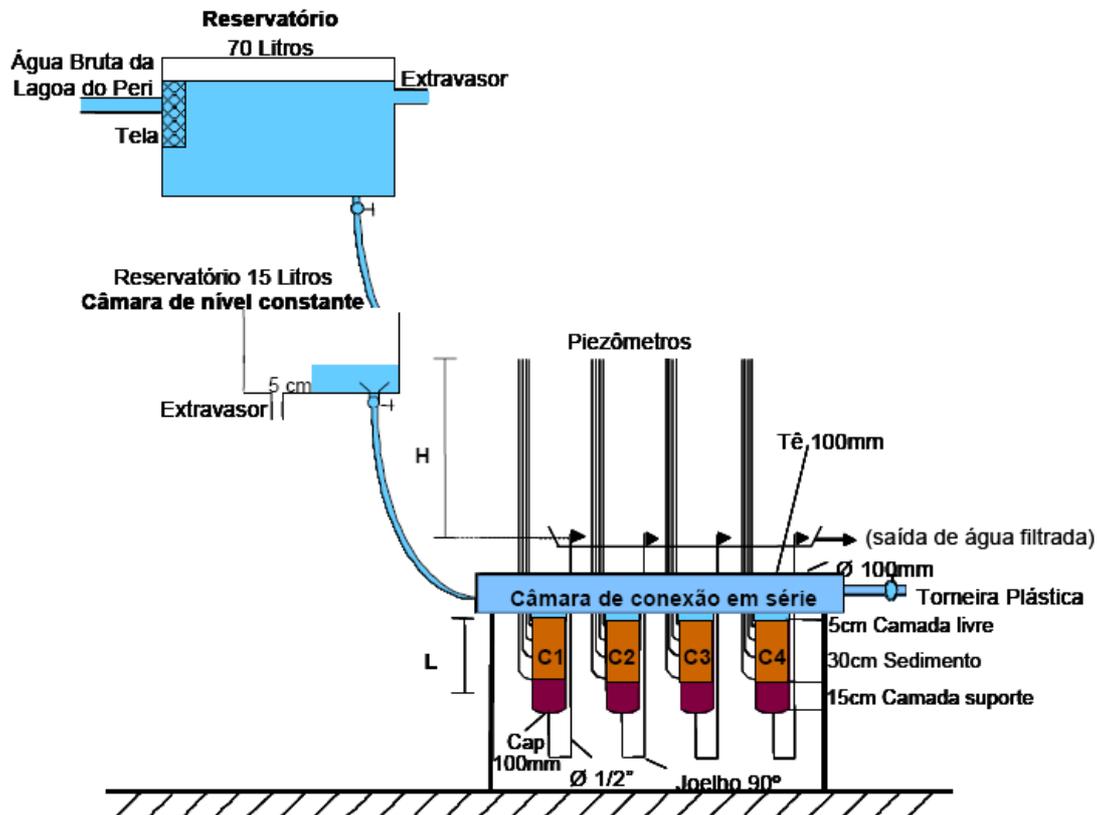


Figura 6. Desenho esquemático do piloto de filtração utilizado em estudos para a implantação do sistema. Fonte: RABELLO (2006).

3.2. Filtração lenta com retrolavagem

A Filtração lenta de escoamento descendente com retrolavagem foi proposta pela primeira vez por Maurício Sens no ano de 1992, em um curso sobre filtração de água para um grupo de extensionistas rurais. Em 1996, formulou-se uma proposta de estudo que incluía a construção de um sistema piloto junto a Unidade de Beneficiamento de Moluscos na localidade “Enseada de Brito” em Florianópolis. Anos depois, construiu-se na UFSC o primeiro sistema piloto de filtração lenta com retrolavagem, cujos resultados se mostraram muito positivos (Michielin, 2002).

Os pesquisadores do LAPOÁ também desenvolveram um trabalho em parceria com a EPAGRI, sobre filtração lenta com retrolavagem para propriedades rurais. Este estudo teve como objetivo principal proporcionar condições para a confecção de uma Estação de Tratamento de Água para pequenas propriedades rurais da região do Alto Vale do Itajaí de Santa Catarina, favorecendo o desenvolvimento sustentável agrofamiliar local.



Esta tecnologia foi desenvolvida em resposta às dificuldades enfrentadas pelos proprietários ao aplicar a filtração lenta no tratamento de água para o consumo, cuja forma de limpeza era a convencional, realizada através de uma raspagem.



Figura 7. Foto do sistema piloto.

3.3. *Wetlands* associados a tanques sépticos

Os filtros plantados com macrófitas, também conhecidos como *Wetlands*, se enquadram nos sistemas de tratamento ditos naturais, que se baseiam na capacidade de ciclagem dos elementos contidos nas águas e nos esgoto em ecossistemas naturais, sem o fornecimento de qualquer fonte de energia induzida para acelerar os processos bioquímicos, os quais ocorrem de forma espontânea (Lijnyk et al, 2005; Sezerino, 2006).

Estes filtros vêm sendo instalados no Estado de Santa Catarina pela EPAGRI desde 1993, sendo associados a tanques sépticos e operando com fluxo horizontal. Alguns deles vêm sendo estudados e avaliados pela Instituição em parceria com a UFSC. Para denominar os filtros plantados com macrófitas de fluxo horizontal, a EPAGRI utiliza a terminologia zona de raízes. Esta terminologia é originária da tradução do inglês *root zone methods*, utilizada pelos pesquisadores que implantaram o primeiro sistema de fluxo horizontal, em 1974, na Alemanha (Kickuth, 1977 apud IWA, 2000).

Os sistemas zonas de raízes podem ser empregados no tratamento de água e no tratamento de esgotos domésticos, industriais e agrícolas. Para o tratamento de esgotos, possui maior aplicação quando associado a outras unidades de tratamento, em áreas periféricas aos centros urbanos e áreas rurais. Estes sistemas têm mostrado adaptabilidade a diferentes situações e arranjos, apresentando elevado desempenho de tratamento. A associação de tanques sépticos (tratamento primário) seguido por zona de raízes (tratamento secundário) já foi objeto de estudo de vários trabalhos e se apresenta como uma alternativa viável e eficiente para o saneamento rural do Brasil (Philippi et al., 1999).



Uma tese de doutorado realizada por meio do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da UFSC teve o objetivo de identificar e avaliar a potencialidade de filtros plantados com macrófitas no pós-tratamento de efluente de lagoas de estabilização, empregadas sob clima subtropical, a fim de aplicá-los como alternativa tecnológica para o tratamento descentralizado de esgotos domésticos. Os resultados obtidos neste trabalho apontaram para uma boa adaptação das macrófitas nas condições e nos filtros testados pelo autor.

3.4. Gerenciamento de resíduos domésticos com tratamento por compostagem

3.4.1. Gerenciamento Integrado

A história do gerenciamento dos resíduos modernos nos remete há muito tempo atrás, partindo das grandes epidemias de cólera na maioria das grandes cidades europeias do século XIX. No período da primeira revolução industrial, uma grande quantidade de lixo era gerada e conheciam-se poucas formas de destinação aos resíduos; além disso, muitas comunidades de catadores viviam deste lixo. Em 1860, surgiram os primeiros sistemas municipais formais de gerenciamento de resíduos, apresentando como foco principal a coleta e limpeza das ruas e o reconhecimento da profissão como limpeza pública (IAMA, 2007).

Em 1880, iniciou-se no Brasil o serviço de limpeza urbana na cidade de São Sebastião no Rio de Janeiro, decretado pelo imperador Dom Pedro II. O contrato de limpeza e irrigação da cidade foi executado por Aleixo Gary, dando origem a palavra gari. No final dos anos 60 era universal a disposição dos resíduos em vazadouros a céu aberto. A incineração era realizada apenas em alguns lugares, sem nenhum método de limpeza de gases. Nos últimos 30 anos, surgiram novas técnicas para aprimorar o gerenciamento dos resíduos enfocando a redução do impacto ambiental. Podemos dividir essa evolução em diferentes estágios (adaptado de IAMA, (2007)):

- √ 1º Estágio - Aterramento do lixo com cobertura diária dos mesmos para reduzir odores;
- √ 2º Estágio - Começo da preocupação com a retenção dos líquidos percolados e drenagem dos gases por causa da contaminação do solo, das águas superficiais e subterrâneas e poluição atmosférica com o gás metano;
- √ 3º Estágio - Introdução dos incineradores nos sistemas de tratamento com modelos capazes de controlar gases ácidos e poluidores;
- √ 4º Estágio - Surgimento da técnica de não aterramento de lixo orgânico nos programas de limpeza urbana – compostagem;
- √ 5º Estágio - Introdução de técnicas de coleta seletiva e reciclagem;
- √ 6º Estágio - Gerenciamento integrado dos resíduos baseado no conceito de sustentabilidade.

O gerenciamento integrado dos resíduos sólidos é de fundamental importância para a qualidade de vida de uma comunidade, bem como para o desenvolvimento



sustentável da sociedade, pois gerencia de maneira adequada os resíduos sólidos produzidos por ela, proporcionando benefícios sociais, econômicos e ambientais, bem como evitando conseqüências negativas originadas pela falta do mesmo.

3.4.2. Compostagem

O processo de compostagem foi muito usado na Antigüidade, sobretudo pelos orientais que faziam uso intensivo de compostos orgânicos na produção de cereais. As técnicas empregadas eram artesanais e fundamentavam-se na formação de leiras ou montes de resíduos que ocasionalmente eram revolvidos. Após cessar o processo de fermentação, o composto resultante era incorporado ao solo, o que favorecia o crescimento dos vegetais (Lima, 1992).

As primeiras tentativas de sistematizar o processo de compostagem foram iniciadas em 1920, quando sir Albert Howard desenvolveu o processo Indore, na Índia, seguido por Giovanni Beccari, que dois anos mais tarde, projetou um sistema que reduzia o período de fermentação de 180 para 40 dias. Em 1929, o sistema de Beccari foi modificado por um francês, Jean Bordoim e em 1932 Vam Manhen, na Holanda, propôs a modificação do sistema de Albert. A partir de então, surgiram inúmeros processos, dentre eles: Dumfries, Windrow, Dano, Frazer- Eweson, Riker, Jersey, Earp-Thomas, Triga, Kneen, Prat, Nusoil e muitos outros (Lima, 1992).

O avanço da tecnologia associado às mudanças econômicas e sociais ocorridas nas últimas décadas tem contribuído para o aprimoramento e racionalização dos sistemas de produção de composto de resíduos orgânicos. Desta forma, observam-se sensíveis modificações nos atuais sistemas instalados, muito deles, inclusive, totalmente operados e controlados por computadores (Lima, 1992).

O sistema de coleta de resíduos orgânicos da UFSC é realizado através de um projeto chamado: Compostagem – Reciclagem Orgânica da Família Casca, gerenciado pelo professor do curso de Agronomia, Rick Miller, que entre outras coisas, visa ensinar a comunidade a realizar a compostagem de material orgânico.

Este projeto existe há pelo menos oito anos e é integrado por nove alunos bolsistas. Com ajuda dos funcionários da UFSC, eles recolhem os excedentes da cozinha de restaurantes da Universidade e do Hospital Universitário em bombonas de até 60 quilos. As bombonas são levadas para o terreno atrás do Centro de Microbiologia e Parasitologia – Biologia e Genética, na própria UFSC. Lá o lixo é despejado em camadas e coberto com serragem e folhas secas, recolhidos do biotério e dos jardins da UFSC e da comunidade. São 44 toneladas de resíduos por mês tratados pelo sistema. O composto acumulado é revirado ao final de cada ano letivo e vira um adubo rico em nutrientes. O adubo resultante é utilizado nos jardins da Universidade e vendido em sacos de até 50 quilos por dez reais para a comunidade em geral. O projeto também procura ensinar a população a fazer sua própria compostagem, reaproveitando o lixo orgânico domiciliar. “Em uma compostagem caseira pequena, o adubo fica pronto em dois meses. Em grandes compostagens, o processo dura pelo menos oito meses” (LIMACO, 2007).



Figura 8. Compostagem no Campus da UFSC

Outra experiência bastante positiva é a vinculada ao Programa de Pesquisa em Saneamento Básico do governo federal (PROSAB), Edital 3, Tema 3 - Projeto de pesquisa: Tecnologias para Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos em Pequenas Comunidades, coordenado pelo Professor Armando B. de Castilhos Jr. da UFSC. Segundo Castilhos Jr. et al. (2003), o trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e a implantação de um projeto piloto de coleta seletiva no município de Catas Altas - MG, que funciona em conjunto com um galpão de triagem de recicláveis e uma unidade de compostagem.

O trabalho buscou alternativas para contribuir com o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte. Para o seu desenvolvimento, foram realizados estudos envolvendo a avaliação quantitativa e qualitativa dos resíduos com relação ao mercado de reciclagem, escolha do método mais adequado para a separação dos resíduos nos domicílios, desenvolvimento de lixeiras para a coleta seletiva, dimensionamento de um galpão para triagem e armazenamento dos materiais recicláveis e análise preliminar para a futura implantação de um pátio de compostagem. Além disso, foram realizados em parceria com o programa de educação ambiental do município, trabalhos para a informação e conscientização da comunidade com relação à implantação da coleta seletiva, através da elaboração de cartilhas, palestras, visitas domiciliares, entre outros, de forma a garantir o êxito da implantação do novo sistema.

4. Descrição detalhada da tecnologia

4.1. Potabilizador solar

O potabilizador solar é um equipamento que utiliza o sol como fonte de energia para tornar a água potável através do processo físico de destilação. Este equipamento tem a forma de uma pirâmide, sendo construído com faces de vidro para permitir a



entrada dos raios solares, tornando o interior da pirâmide uma estufa. Desta forma, a água do líquido bruto evapora, ou seja, passa do estado líquido para o gasoso, e os vapores se condensam (passam do estado gasoso para o líquido) na parte interna do vidro, transformando-se novamente em água, que escorre para um sistema de recolhimento. A partir deste processo, separa-se a água de todos os sais e impurezas que ela contém (Soares, 2004).

O equipamento, apresentado na figura 9 através de um esquema ilustrativo, é composto por um reservatório de água bruta, que pode ser uma garrafa de vidro funcionando com sistema tipo bebedouro, bandeja para água bruta, reservatório de água potável e pirâmide de vidro.

A maior produção de água se dá com inclinação de 25° das faces da pirâmide. Quanto menor a lâmina d'água bruta no interior da pirâmide, maior a produção de água. A produção média é de 4L/m².dia.

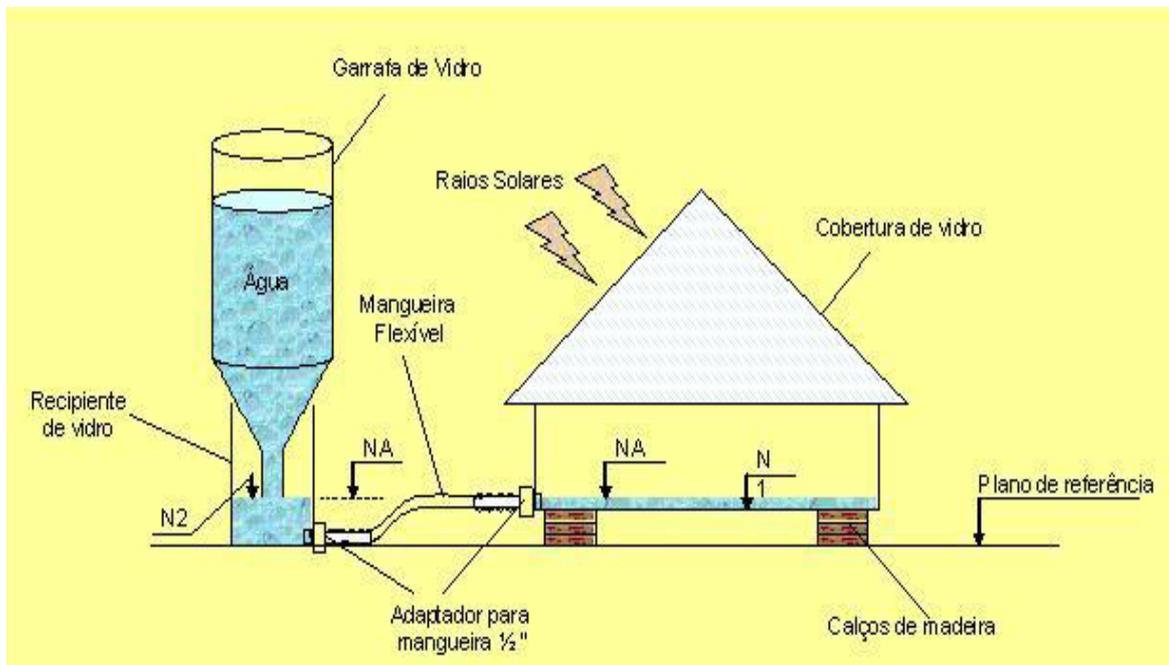


Figura 8. Esquema ilustrativo do equipamento.

4.2. Filtração em margem

Parte da água das chuvas que precipitam sobre o solo, infiltra-se e escoam pelas camadas subterrâneas em direção a um manancial, seja ele um lago ou um rio. A filtração em margem consiste em usar os materiais sedimentares das margens e do fundo de um manancial superficial como meio filtrante. Para isto, constroem-se poços de captação nas margens do manancial, como apresentado na figura 9, criando artificialmente uma diferença de nível da água entre o manancial e o lençol freático, mudando o sentido do escoamento, em direção ao poço.

O filtrado em margem é a água que sai do poço de bombeamento, que se origina nas redondezas como água superficial e atravessa o meio granular do solo/subsolo, misturando-se até certo ponto com a água subterrânea.



Através da filtração em margem, as algas, as cianobactérias e os microrganismos patogênicos são removidos pelo contato com materiais do solo/subsolo. O processo de remoção torna-se mais eficiente quanto menor for a velocidade da água neste meio e quando o subsolo é constituído de materiais granulares com poros para a água contornar os grãos.

Nesses meios porosos granulares, a rota de fluxo é tortuosa, fornecendo uma ampla oportunidade para os organismos entrarem em contato, se aderirem à superfície do grão e consumir a matéria orgânica presente na água. Durante o longo percurso há a retenção de impurezas e, conseqüentemente, a água é clarificada. Assim ocorre a inativação ou destruição dos microrganismos antes que a água chegue ao poço de captação. Deste modo, a filtração em margem depende da fixação dos microrganismos ao solo e, na seqüência, da sua inativação para a remoção destes da água superficial que se infiltrou no solo/subsolo.

Tratamentos adicionais podem ser necessários para fornecimento de água dentro dos padrões de potabilidade. Minimamente, a filtração em margem age como um pré-tratamento na produção de água de abastecimento e, em alguns casos, pode servir como único tratamento, antes da desinfecção.

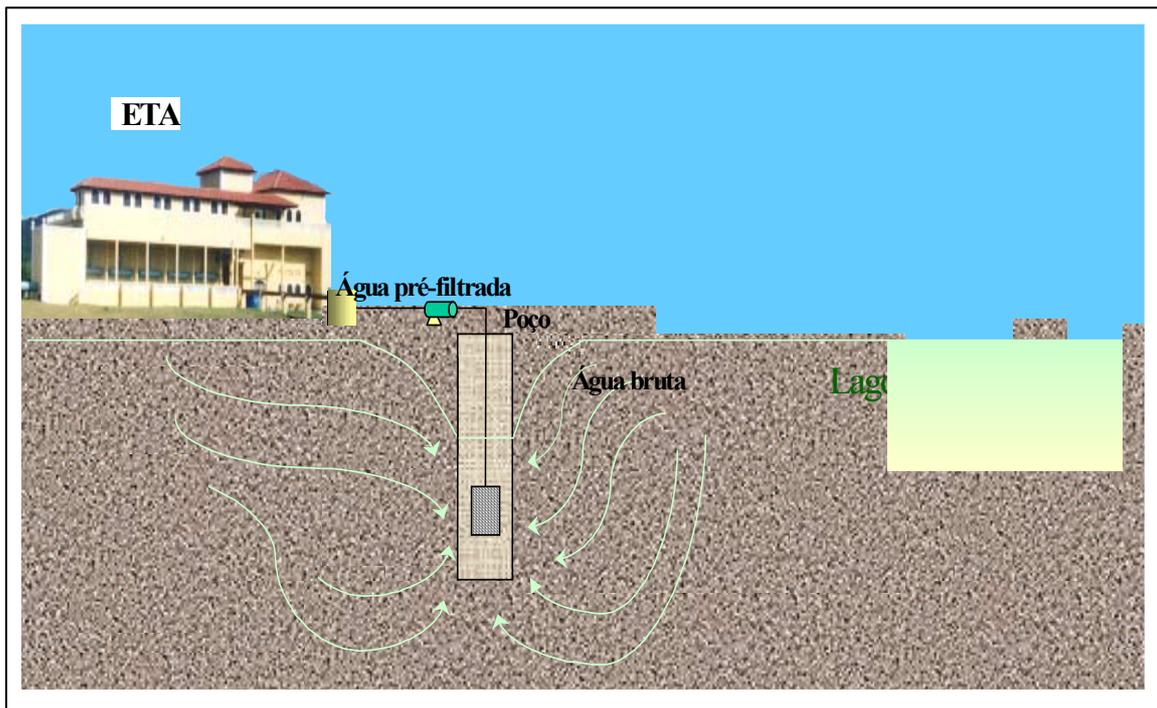


Figura 9. Poço de filtração em margem.

4.3. Filtração lenta com retrolavagem

A filtração lenta atua na redução de parâmetros de qualidade, como cor, turbidez, sólidos suspensos e coliformes. A aplicação desta técnica dispensa a utilização de produtos químicos para o tratamento de água, assim não há a formação de residual a ser descartado, ou seja, a água de lavagem do filtro poderá ser utilizada para irrigação



ou descartada sobre o solo, pois possui apenas os componentes encontrados em seu estado natural.

Esta tecnologia é de fácil operação e de simples construção, além de produzir pouco lodo. Porém, a filtração lenta necessita que a água bruta seja de boa qualidade (baixa cor e turbidez), necessitando-se de um levantamento prévio do local onde se pretende implementar o sistema de tratamento.

Neste tipo de filtro a camada superficial é responsável por praticamente toda a remoção de partículas. Na superfície do leito de filtração, a baixa taxa de aplicação permite a formação de uma camada biológica gelatinosa “Schmutzdecke”, após algumas horas de operação. Essa camada é constituída por bactérias, algas e plâncton em geral, capazes de exercer uma função bactericida. As partículas finas de matéria suspensa, assim como as bactérias presentes, formados pelos grãos de areia são retiradas e utilizadas pelas bactérias que a compõem em seu ciclo vital. Os compostos orgânicos em solução são também absorvidos e convertidos através de seus processos digestivos em simples compostos inorgânicos.

Nos primeiros dias de tratamento a água sai com uma qualidade inferior, melhorando a medida que o filme bacteriano se forme na camada superior. Isto só é possível se registros forem adequadamente posicionados no sistema para inverter o fluxo, como mostra o corte do sistema com identificação dos filtros na figura 10.

Para realizar a limpeza fecha-se o registro do dreno, de entrada e saída do sistema e abre-se o registro de retrolavagem.

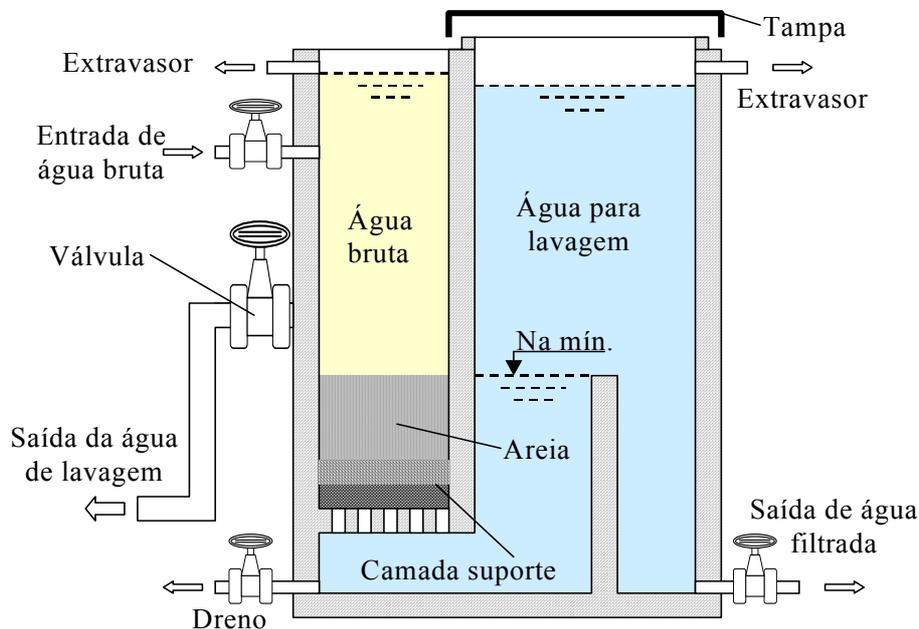


Figura 10. Corte do filtro lento com retrolavagem com identificação dos filtros. Fonte: SENS (1992)

O volume do reservatório elevado para se realizar a retrolavagem varia em função do tempo de lavagem, sendo adotado por muitos autores entre 6 e 10 minutos, para filtros rápidos. A água utilizada, nesse caso é a mesma que foi filtrada, sem passar por tratamento de desinfecção e fluoretação (Richter & Azevedo Netto, 1991).



4.4. Wetlands associados a tanques sépticos

Os filtros plantados com macrófitas são sistemas que dispõem de um material de recheio conhecidos como material filtrante (usualmente brita, areia, cascalho) de onde o efluente a ser tratado é disposto e irá percolar. As macrófitas empregadas, do tipo emergente, são plantadas diretamente no material filtrante. (Philippi e Sezerino, 2004).

Dentre as inúmeras derivações tecnológicas existentes no grupo dos wetlands, destacam-se os de fluxo horizontal e os de fluxo vertical. A diferença entre eles, como o próprio nome diz, é a direção do fluxo. Neste dossiê destacaremos somente as características dos filtros de fluxo horizontal.

Nos filtros plantados com macrófitas de fluxo horizontal o efluente a ser tratado é disposto na porção inicial do leito, denominada zona de entrada e geralmente composta por brita, de onde irá percolar vagarosamente através do material filtrante até atingir a porção final, também composta por brita e chamada de zona de saída. Esta percolação tende a seguir na horizontal e é impulsionada por uma declividade de fundo (Figura 11).

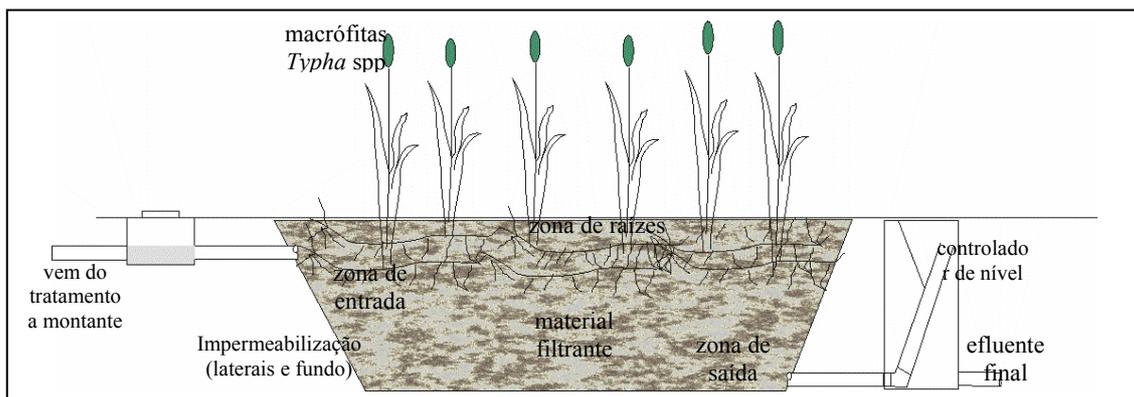


Figura 11. Representação do corte longitudinal de um filtro plantado com macrófitas de fluxo horizontal.

Os princípios básicos do tratamento nos filtros plantados englobam a filtração e a formação de biofilme aderido a um meio suporte e raízes das plantas, onde comunidades de microrganismos aeróbios e anaeróbios irão depurar a matéria orgânica e promover o que chamamos de nitrificação e desnitrificação. Estes processos transformam o nitrogênio que se encontram em uma forma prejudicial à qualidade das águas para outra, que pode ser considerada inofensiva (Figura 12). O oxigênio necessário à este processo é suprido pelas macrófitas e por trocas efetuadas com a atmosfera.

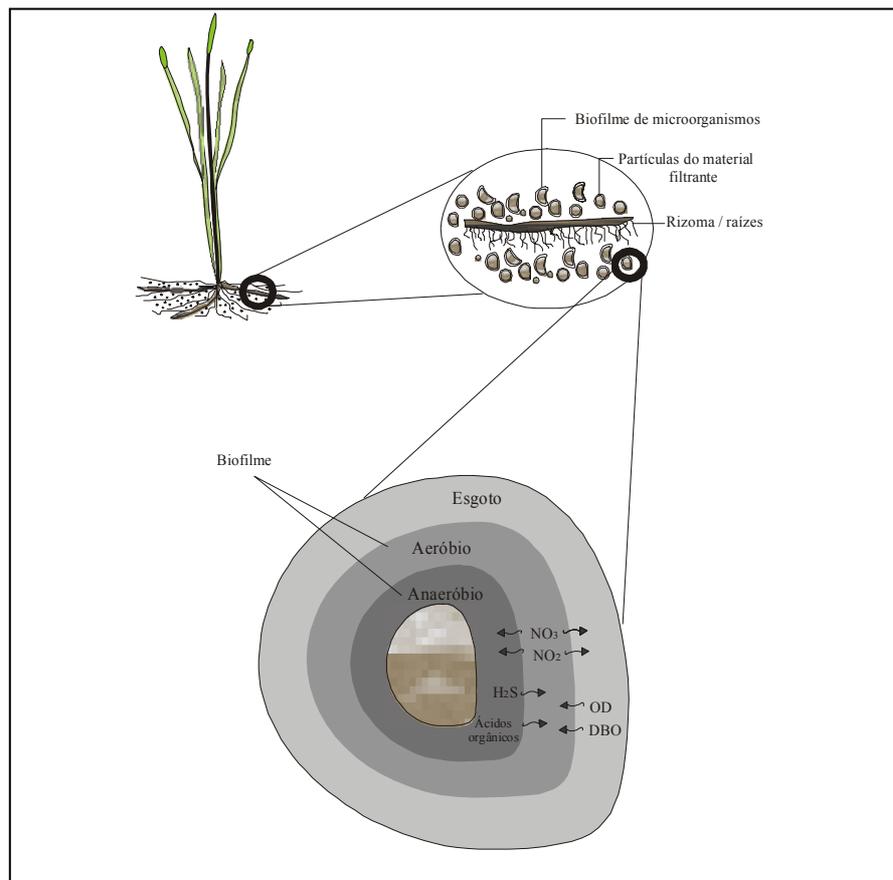


Figura 12. Representação do biofilme associado ao sistema de raízes da planta.

4.5. Gerenciamento de Resíduos domésticos com tratamento por compostagem

4.5.1. Gerenciamento Integrado

Um Sistema de Gerenciamento de Resíduos envolve o gerenciamento dos diferentes tipos de resíduos, que serão combinados para gerar um menor custo efetivo ao processo. Como o resíduo tem características diferentes no que se refere a quantidade e composição, cada sistema (escola, empresa, comunidade, propriedade agrícola, etc), de gerenciamento deve ser individualmente desenvolvido. Um plano de gerenciamento de resíduos envolve:

- ◆ Identificação das fontes de geração de resíduos;
- ◆ Identificação da quantidade e composição dos resíduos;
- ◆ Estimativa de redução na geração de resíduos;
- ◆ Estimativa de reuso dos resíduos;
- ◆ Estimativa de reciclagem ou compostagem dos resíduos;
- ◆ Estimativa de local para recuperação de energia e disposição em aterro;
- ◆ Minimização dos custos com resíduos.



A redução de resíduos acarreta maior eficiência no processo de produção e diminui significativamente os custos com resíduos. Pode-se obter lucro através da venda de materiais recicláveis, além de promover benefícios para as pessoas envolvidas no sistema. Os princípios para um programa de gerenciamento de resíduos de sucesso são:

- ◆ Assegurar que a alta direção esteja de acordo com o programa;
- ◆ Conduzir uma boa inspeção de resíduos;
- ◆ Criar um senso de equipe entre os participantes;
- ◆ Treinar os empregados;
- ◆ Elaborar um plano simples;
- ◆ Manter avaliação e monitoramento contínuos;
- ◆ Manter a equipe atualizada.

Podemos dividir o plano de gerenciamento em duas etapas:

- ✓ *Primeira etapa:* Elaboração do PGRS;
- ✓ *Segunda etapa:* Implementação do PGRS.

PRIMEIRA ETAPA: Elaboração do PGRS

1º Passo: *Levantamento dos aspectos ambientais (resíduos gerados)*

Geração – quais atividades geram resíduos.

Qualificação – que tipo de resíduos são gerados.

Classificação – qual classe de cada tipo de resíduo gerado.

Quantificação – qual a quantidade de cada resíduo.

2º Passo: *Diagnóstico*

Levantamento das medidas de gerenciamento utilizadas: situação atual - o que está sendo feito com os resíduos que são gerados.

3º Passo: *Análise dos dados obtidos*

4º Passo: *Proposição de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos*

SEGUNDA ETAPA: Implantação do PGRS

De acordo com o Manual de Gerenciamento de Resíduos do Sebrae/RJ, 2006, essa etapa pode ser definida da seguinte forma:

1º Passo: *Planejamento*

Durante a etapa de planejamento do PGRS, as principais etapas estão vinculadas ao levantamento dos aspectos ambientais (os resíduos gerados), requerimentos legais e outros; e também a definição dos objetivos e metas.

2º Passo: *Implementação e operação*



Durante este 2º passo, os seguintes itens deverão ser considerados:

Estrutura e responsabilidade; Treinamento, consciência e competência; Manuseio e acondicionamento; Pré tratamento; Destinação final; Documentação do PGRS.

3º Passo: *Verificação e ações corretivas*

Após realizar a implementação do PGRS, conforme apresentado no 2º passo, é importante conduzir seu acompanhamento e promover ações corretivas quando necessário. Faz parte desta terceira fase as ações de monitoramento.

4.5.2. Compostagem

A compostagem é um processo natural de decomposição dos compostos orgânicos pela ação de microorganismos aeróbios contido no lixo, visando obter-se um produto estável. Este produto final pode ser considerado como um enriquecedor do solo, ou seja, ele poderá ser aplicado ao solo para melhorar as suas características, sem que haja uma contaminação do ambiente.

O processo de compostagem aeróbia pode ser dividido em duas fases:

- *Bioestabilização ou termofílica:* que se caracteriza pela redução da temperatura da massa orgânica que, após ter atingido temperaturas de até 65°C, estabiliza-se à temperatura de aproximadamente 30°C. Essa etapa dura, em torno de 45 dias em sistemas de compostagem acelerada e 60 dias nos sistemas de compostagem natural;
- *Maturação:* essa fase dura cerca de 30 dias, sendo que nesta etapa ocorre a humificação e mineralização da matéria orgânica.

No processo aeróbio os microorganismos necessitam de oxigênio para o seu metabolismo e assim, alguns fatores como a umidade, o tamanho dos grãos e a temperatura influenciam na disponibilidade deste elemento. Em função disso, é importante efetuar o processo de aeração do composto, para que ocorra a exposição da matéria orgânica ao oxigênio, acelerando sua decomposição.



Figura 13. Resíduos orgânicos - leira



Figura 14. Fase termofílica - 65°C.



Figura 15. Fase maturação.



Figura 16. Húmus - resíduo estabilizado.

5. Descrição da aplicação da tecnologia

Segundo uma avaliação realizada das necessidades e condições dos locais, pretende-se aplicar as tecnologias nos municípios integrantes do projeto da seguinte forma:

✓ Cidade de Orleans:

- Escola Municipal (Comunidade do Barracão): Escola Básica Professor Leopoldo Hanof

Área	Tecnologia	Qtidade
Água	Pirâmide	1
Esgoto	Fossa + <i>Wetland</i>	2
Resíduos	Gerenciamento + Compostagem	2

- SAMAE

Área	Tecnologia	Qtidade
Água	Filtro Lento Retrolavável	1
	Filtração em Margem	1

✓ Cidade de Urubici:

- Escola

Área	Tecnologia	Qtidade
Água	Pirâmide	1
Esgoto	Fossa + <i>Wetland</i>	2
Resíduos	Gerenciamento + Compostagem	2



✓ Cidade de Braço de Norte

- Escola da Comunidade do Pinheiral

Em processo de definição para implantação de uma tecnologia na área de água.

✓ Cidade Concórdia

- Escola Agrotécnica Federal de Concórdia

Área	Tecnologia	Qtidade
Água	Pirâmide	1

Resumo dos projetos das diferentes tecnologias

Área	Tecnologia/projeto e execução	Qtidade
Água	Pirâmide	3
	Filtro Lento Retrolavável	1
	Filtro Retrolavável	1
Esgoto	Fossa	2
	<i>Wetland</i>	2
Resíduos	Gerenciamento	1
	Compostagem	1
Total		11

6. Resultados esperados

Os resultados buscados no objetivo 3 refletem diretamente melhorias ambientais, sanitárias, econômicas e sociais para os municípios envolvidos. Os modelos serviram de orientação tecnológica para sustentabilidade da água e auxiliar no empoderamento das comunidades.

Acredita-se que as melhorias na qualidade de vida estão diretamente ligadas a:

- Eliminação de focos de poluição ambiental (solo, ar e águas);
- Controle da proliferação de vetores biológicos (moscas, mosquitos, baratas e ratos) de grande significação na transmissão de doenças infecciosas;
- Melhoria das condições de saúde pública;
- Treinamento técnico operacional para os funcionários que irão operar os sistemas;
- Proporcionar o desenvolvimento e suporte dos projetos na área rural;
- Proporcionar economia de energia e de recursos naturais.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETTO, José M. de, **Tratamento de Água de Abastecimento**, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

CASTILHOS JR., ARMANDO BORGES; LANGE, LISETE CELINA; GOMES, LUCIANA PAULO; PESSIN, NEIDE. Org. Alternativas de disposição de resíduos sólidos Urbanos para pequenas comunidades. Coletânea de trabalhos técnicos, Rio de Janeiro : RIMA , ABES , 2002

CEMPRE - Compromisso Empresarial para a Reciclagem – **sobre a situação da coleta seletiva e reciclagem no Brasil.**

http://www.cempre.org.br/serv_eletronicos.php

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL de 1988, título VIII, capítulo VI, artigo 225.

EMMENDOERFER, Marcelo Luiz – **Filtração Lenta com Retrolavagem para Propriedades Rurais de Uso Familiar** - Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC – Florianópolis, SC, 2006.

IAMÁ - Instituto de Antropologia e Meio Ambiente. **Projeto Ação Recicla - Gerenciamento Integrado de Resíduos.** Disponível em: [http://iama.sarava.org/files/iama/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20Gerenciamento%20dos%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos%20\(N%C3%A9lio\).ppt#23](http://iama.sarava.org/files/iama/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20Gerenciamento%20dos%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos%20(N%C3%A9lio).ppt#23). Acessado em: 29/11/07.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico. PNSB – **Pesquisa Nacional do Saneamento Básico 2000.** <http://www.ibge.gov.br>.

LIJNYK, D. P.; SEZERINO, P. H.; SOARES, A. S.; PHILIPPI, L. S. **Sistemas de Tratamento de Esgoto Por Zona de Raízes: Análise Comparativa de Sistemas Instalados no Estado de Santa Catarina.** In: 24º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande. 2005.

Langergraber, G.; Harbel, H.; Laber, J.; Pressl, A. (2003). **Evaluation of substrate clogging process in vertical flow constructed wetlands.** Water Science Technology, v.48, n.5, p.25-34.

LAHTI, K.; VAITOMAA, J.; KIVIMAKI, A. L.; SIVONEN, K. **Fate of cyanobacterial hepatotoxins in artificial recharge of groundwater And in bank filtration.** In: Peters, J., (Ed.), Artificial Recharge of Groundwater, Balkema, Rotterdam, p.211–216, 1998.

LIMA, L.M.Q – **Tratamento e Biorremediação**, Revista Ampliada, editora Hermus, 3ª edição, (1992).

LIMACO, D. **Compostagem dá destino correto ao lixo orgânico.** Publicado em 16/5/2007. Disponível em: <http://www.radio.ufsc.br/blog/5> . Acessado em 29/11/2007.

Mazzola, M.; Roston, D. M.; Valentim, M. A. (2005). **Uso de leitos cultivados de fluxo vertical por batelada no pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio**



compartimentado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.2, p.276-283.

MICHIELIN, Alexandre Kretsehmer - **Filtro Lento com Retrolavagem** - Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC – Florianópolis, SC, 2002.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (2004). Norma de Qualidade de Água para Consumo Humano. Portaria n.518 de 25/03/2004, Brasília, Brasil.

MP-SC - **Ministério Público de Santa Catarina.** 2006. Disponível em: www.mp.sc.gov.br Acessado em 26/11/2007.

OMS - Organização Mundial da Saúde. **Organização Pan-americana da Saúde - representação Brasil.** <http://www.opas.org.br/link.cfm>

PATERNIANI, José E. S.; DA CONCEIÇÃO, Celso H. Z. **Eficiência da Pré-Filtração e Filtração Lenta no Tratamento de Água para Pequenas Comunidades** - Eng.ambient., Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1, p. 017-024, jan./dez., 2004.

PEREIRA NETO, J. T. et al. **Identificação e Sistematização de Tecnologias de Baixo Custo para o Tratamento dos Resíduos Sólidos Urbanos.** LESA - UFV. Disponível em: <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsars/p/fulltext/identi/identi.html>. Acessado em 29/11/2007

Philippi, L. S.; Costa, R. H. R.; Sezerino, P. H.. **Domestic effluent treatment through integrated system of septic tank and root zone.** Wat. Sci. Tech., v.40, n.3, pp. 125-131.

Philippi, L. S.; Sezerino, P. H. Olijnyk, D. P.; Kossatz, B. **Eficácia dos Sistemas de Tratamento de Esgoto Doméstico e de Água Para Consumo Humano Utilizando Wetlands Considerando Períodos Diferentes de Instalação e Diferentes Substratos e Plantas Utilizados.** Relatório Final Projeto EPAGRI. UFSC- CTC- ENS- GESAD. Florianópolis, março de 2007.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO **Tratamento de Água de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas** ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Rio de Janeiro, 1999 (Coordenador: Luiz Di Bernardo).

RABELO, L. **Estudos preliminares para implantação da filtração em margem na lagoa do Peri como pré-tratamento de água para remoção de fitoplâncton.** 2006, 151p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis.

RAY, C.; SCHUBERT, J.; LINSKY, R. B.; MELIN, G. **Introduction. In: Riverbank Filtration – improving source-walter quality**, v.43, p.1–15, 2003.

RICHTER, Carlos A.; AZEVEDO NETTO, José M. – **Tratamento de Água – Tecnologia Atualizada** – 5ª reimpressão – São Paulo, SP: Edgard Blücher, 2003.

SENS, M. L. - **Curso sobre filtração de água para um grupo de extensionistas rurais** – UFSC – Florianópolis, SC 1992.



SENS, M. L.; AMBROZINI, J. - **Projeto de um sistema piloto junto a Unidade de Beneficiamento de Moluscos na localidade “Enseada de Brito”** – Florianópolis, SC – 1996.

Sezerino, P. H. (2006). **Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas (constructed wetlands) no pós-tratamento de lagoas de estabilização sob condições de clima subtropical**. Tese de Doutorado em Engenharia Ambiental. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 171p.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Dados do Estudo do TOR 019 –Planejamento para o Setor de Saneamento maio de 2006**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acessado em 26/11/07.

SNIS. **Mapas temáticos - Água e Esgoto - Municípios. 2004**. Disponível em:http://www.snis.gov.br/Arquivos_SNIS/4_MAPAS/ae/2004/I55/I55_Santa-Catarina.jpg Acessado em 26/11/2007.

SOARES, C, **Tratamento de Água Unifamiliar Através da Destilação Solar Natural Utilizando Água Salgada, Salobra e Doce Contaminada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

Aproveitamento da Água de Chuva

1. Equipe

Exemplo de formatação – observar a maneira como está organizado o currículo.

Daniel José da Silva – Coordenador do Objetivo

Engenheiro Civil - UFSC. Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (ENS). Mestre em Sociologia Política (UFSC). Doutor em Engenharia de Produção (UFSC). Pós-doutorado (Université du Québec, Montréal, Canadá).

2. Descrição da problemática social

Texto escrito com espaçamento simples com 6pt depois do parágrafo. Exemplo:

O Aquífero Guarani é um dos maiores aquíferos transfronteiriços do mundo, abrangendo quatro países: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai. Ele possui uma extensão total de aproximadamente 1,2 milhões de Km², sendo que 840 mil deles se encontram no Brasil. Esta porção está distribuída entre oito Estados brasileiros: São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Minas Gerais e Goiás.

3. Economia da experiência da tecnologia

4. Descrição detalhada da tecnologia

Exemplo de subtítulo.

4.1. Processo de elaboração

Outro subtítulo.

4.1.1 Exemplo

Legenda das figuras, letra 10, centralizado. Exemplo:

Figura 3. Fluxograma do processo de elaboração do Modelo.

5. Descrição da aplicação da tecnologia

6. Resultados esperados

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



1. Equipe

Daniel José da Silva – Coordenador do Objetivo

Engenheiro Civil - UFSC. Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (ENS). Mestre em Sociologia Política (UFSC). Doutor em Engenharia de Produção (UFSC). Pós-doutorado (Université du Québec, Montréal, Canadá).

Celso Moller Ferreira - Pesquisador

Eng. Sanitarista e Ambiental - UFSC. Consultor da GEOSUSTENTAVEL - Engenharia e Meio Ambiente e Pesquisador da UFSC. Possui especialização em Hidrologia General y Aplicada – Máster (CEDEX - Centro de Experimentacion y Obras/Centro de Estudios Hidrográficos). Mestre em Engenharia Ambiental (UFSC).

Janaina Sant'Ana Maia Santos - Pesquisadora

Bacharel e Licenciada em Biologia – Universidade de Taubaté. Técnica Ambiental do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tijuca. Mestre em Sensoriamento Remoto (INPE). Doutoranda do Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental (UFSC).

Julia Santos Silva – Bolsista do Projeto

Formanda em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.

Marcelo Monte Carlo Silva Fonseca – Bolsista do Projeto

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.

Lucas Barros Arruda – Bolsista do Projeto

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.

Richard Eillers Smith – Voluntário

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.

Marcelo Pedroso – Voluntário

Graduando Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.

Frederico Genofre – Voluntário

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.

Marcus Vinícius Henrique Arantes – Voluntário

Formando em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.

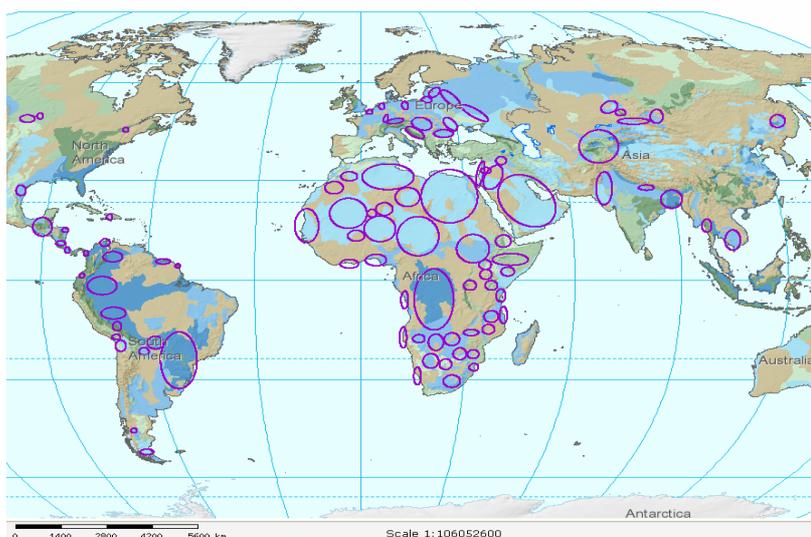
Daniel Ferreira – Voluntário

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.



2. Descrição da problemática social

O Aquífero Guarani é um dos maiores aquíferos transfronteiriços do mundo, abrangendo quatro países: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai. Ele possui uma extensão total de aproximadamente 1,2 milhões de Km², sendo que 840 mil deles se encontram no Brasil. Esta porção está distribuída entre oito Estados brasileiros: São Paulo, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Minas Gerais e Goiás.



Fonte: WHYMAP

Figura 1. Localização dos aquíferos transfronteiriços no mundo (representados por círculos roxos).

O volume de água destes corpos subterrâneos é regulado pela *recarga*, que pode ser entendida como a entrada de água no aquífero, e a *descarga*, que representa a saída ou extração de água. As reservas exploráveis correspondem à recarga natural, que ocorre por meio da infiltração direta das águas de chuva na rocha do aquífero, ou ainda, de forma indireta, por infiltração vertical ao longo de espaços entre as rochas localizadas acima dele.

Segundo Praun Jr (2007), podemos encontrar no Estado de Santa Catarina um total de 238 microbacias hidrográficas relacionadas com a zona de recarga direta do Aquífero Guarani, totalizando uma área da ordem de 15.000 Km². Apesar da maioria das microbacias observadas serem de pequeno porte, elas exercem uma influência considerável no aporte de recursos hídricos que mantém contato com a zona de recarga direta do aquífero.

Um dos principais problemas existentes é o risco de deterioração do Aquífero em decorrência dos volumes explorados e do crescimento das fontes de poluição industriais, agrícolas e residenciais. Por isso, a necessidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos nestas áreas visando principalmente à proteção das nascentes e matas ciliares, o que permitirá manutenção da quantidade e qualidade das águas.



Figura 2. Localização do Aquífero Guarani

processos de planejamento e gestão de bacias. Sabe-se que apesar das tentativas realizadas para o desenvolvimento sustentável das regiões, o que existe é um enorme distanciamento entre os projetos da GIBH e a realidade das comunidades de bacias para as quais estes projetos são elaborados. Observa-se a continuidade da mesma trajetória histórica de abandono cultural, falta de perspectivas econômicas e degradação da natureza.

Desta forma, este objetivo visa construir uma experiência de planejamento e gestão do território com uma comunidade empoderada, que atua como sujeito ao longo de todo este processo. A partir do conhecimento e visualização do seu território, pretende-se elaborar estratégias de desenvolvimento sustentável local, dentre elas a implantação e implementação de unidades de conservação, que constituem hoje uma das principais propostas para manutenção da diversidade biológica do país associada ao desenvolvimento local.

3. Economia da experiência da tecnologia

Ao longo dos anos, o grupo de pesquisa em Gestão Transdisciplinar de Bacias Hidrográficas (GTHidro) vem realizando pesquisas com o objetivo de contribuir com os processos de planejamento e gestão de recursos hídricos em bacias de todo estado de Santa Catarina. Estes estudos contribuirão para a concepção e o aperfeiçoamento da tecnologia social proposta, auxiliando no processo de comunidade de aprendizagem do Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água.

O município de Urubici no Estado de Santa Catarina está inteiramente localizado na zona de recarga direta do Aquífero Guarani, abrangendo as nascentes dos rios Canoas e Pelotas. Sabe-se que estes rios dão origem ao rio Uruguai, um dos maiores rios da América Latina, revelando-se assim, um local de extrema importância para a preservação da água de boa qualidade e em abundância.

Apesar de seu valor estratégico, a região ainda não possui nenhum estatuto legal de proteção local e sua comunidade vivencia a realidade de muitas comunidades de bacias do país.

O Brasil conta hoje com um modelo de gestão social para suas águas denominado Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas (GIBH), que visa aumentar a efetividade nos



O marco inicial dos trabalhos realizados pelo grupo é a tese do professor Daniel José da Silva, defendida no ano de 1998, que lançou as bases de todos os outros trabalhos executados posteriormente. Sua pesquisa resultou em um modelo cognitivo denominado PEDS: Planejamento Estratégico do Desenvolvimento Sustentável, dirigido a organizações públicas sem fins lucrativos. Este modelo está focado no desenvolvimento sustentável por meio da educação ambiental, apresentando metodologias e ferramentas pedagógicas que auxiliam em processos construtivos de participação social das comunidades.

Dentre as pesquisas realizadas após este trabalho, podemos citar:

1. Utilização do geoprocessamento para determinação de unidades ecodinâmicas: subsídios ao planejamento ambiental.

Este trabalho foi realizado no município de Urubici tendo como objetivo principal apontar o grau de vulnerabilidade natural do ambiente de uma bacia hidrográfica apropriando-se do conceito de *ecodinâmica*, entendida como uma propriedade dos ecossistemas, e de técnicas de *geoprocessamento*. Para isto, foram identificadas áreas com semelhantes dinâmicas no ambiente da Bacia Hidrográfica Rio Urubici, bem como o grau de vulnerabilidade destes espaços, e ainda gerados mapas temáticos em formato digital para a bacia.

Dissertação de Ricardo Callado, defendida em 2003.

2. Delimitação Multicriterial para Unidades de Conservação. Estudo de Caso: Parque Nacional São Joaquim/SC.

Este trabalho é um artigo sobre a aplicação de uma metodologia multicriterial na delimitação inicial de unidades de conservação, sendo utilizada para o Parque Nacional São Joaquim, em Santa Catarina. Os critérios aplicados foram os seguintes: **topográfico, hidrológico, geológico, ecológico e paisagístico**. A partir deste estudo, foi obtida uma revisão do traçado histórico do Parque, utilizando-se planimetria sobre as cartas do IBGE. Além disso, um novo traçado para os limites do Parque foi proposto, bem como um texto da nova demarcação, com a consideração dos cinco critérios adotados na metodologia.

Artigo do professor Daniel José da Silva, Roseane Palavizini, Ricardo Callado, Sandro Sidnei Vargas de Cristo, Maridélia Cardoso e Celso Moller Ferreira.

3. Uma contribuição à gestão de bacias hidrográficas a partir da investigação histórica do ambiente. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Canoas/SC.

Esta dissertação teve o objetivo geral de contribuir para a gestão social da bacia hidrográfica do rio Canoas a partir da metodologia de investigação histórica do ambiente. Utilizou-se a Metodologia Histórica junto a Metodologia Pedagógica e



Estratégica do Modelo PEDS – Planejamento Estratégico do Desenvolvimento Sustentável para construir o Plano Estratégico do rio Canoas de forma participativa e qualificada. Ao aplicar a Metodologia Histórica, percebeu-se que é possível através de uma investigação histórica perceber o sagrado na natureza, possibilitando-se a restauração da relação homem-natureza, o *religare*.

Dissertação de Márcio Cláudio Cardoso da Silva, defendida em 2004.

4. O planejamento e a gestão social do ambiente à luz das políticas públicas: uma proposta para a Zona de Amortecimento do Parque Nacional de São Joaquim no Município de Urubici.

Nesta dissertação foram analisadas as políticas públicas favoráveis à implementação de um processo de planejamento e gestão social do ambiente de forma integrada e participativa entre unidade de conservação, bacia hidrográfica e município, tendo como área de estudo o Parque Nacional de São Joaquim, a Bacia Hidrográfica do Rio Canoas e o município de Urubici. As políticas analisadas foram a Política Nacional do Meio Ambiente, a Política Nacional de Recursos Hídricos, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, a Política Nacional Urbana (Estatuto da Cidade) e Política Nacional de Educação Ambiental.

Dissertação de Carla Rosana Meirelles Caldas, defendida em 2004.

5. O Espírito da Lei das Águas.

Este trabalho consiste num artigo que apresenta o espírito da lei brasileira das águas, a Lei Federal 9.433 de 1.997. Compreende a apresentação de uma metodologia pedagógica utilizada para a construção deste espírito, a partir da aplicação do conceito de espírito das leis de Montesquieu, de 1748, e a discussão de cada uma das etapas. Como resultado tem-se uma arquitetura do espírito da lei, construído através de cinco níveis hierárquicos de relações. O espírito da lei brasileira das águas é dado pelo conjunto das relações necessárias advindas da natureza do fenômeno representado pela lei, a gestão social da água por bacias hidrográficas.

Artigo do professor Daniel José da Silva.

6. O enquadramento participativo de corpos d'água como um instrumento da gestão de recursos hídricos com aplicação na bacia do rio Cubatão Sul - SC.

O objetivo principal deste trabalho foi estudar o enquadramento participativo de corpos d'água como instrumento de gestão. Para alcançá-lo foram realizados (1) um *estudo* sobre diversos temas como o próprio enquadramento de corpos hídricos, os recursos hídricos, a participação, os direitos difusos e princípios do direito ambiental e ainda, tecnologias sociais; (2) uma *pesquisa documental* que construiu um panorama do enquadramento dos corpos d'água no Brasil e no mundo, por meio da qual foram identificados os elementos que resultaram na montagem do ROMEPE (Roteiro metodológico para o enquadramento participativo de corpos d'água); e (3) uma



pesquisa-ação, na comunidade, que resultou na aplicação do ROMEP à bacia hidrográfica do rio Cubatão.

Dissertação de Marina Christofidis, defendida em 2006.

7. Estudo da cobrança como instrumento de gestão social de bacias hidrográficas: uma Aplicação à Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul.

Este trabalho teve como objetivo estudar a cobrança pelo uso da água e propor um modelo adequado à realidade e necessidades da bacia do rio Cubatão Sul com a participação da comunidade. Durante o trabalho, verificou-se que a participação da comunidade é fundamental para a implementação de medidas que levem a um futuro melhor em termos de disponibilidade hídrica e que esta participação está associada à noção de integração participativa, em que o indivíduo colocado como ator no processo de gestão, sente sua importância onde ele afeta e é afetado pelo processo decisório.

Dissertação de Maria Raquel Catalano de Sousa, defendida em 2006.

8. Desafios sociais da gestão integrada de bacias hidrográficas: uma introdução ao conceito de governança da água.

Este trabalho é um artigo que apresenta uma reflexão sobre o distanciamento entre a Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas – GIBH e a realidade de abandono e degradação local vivida pelas comunidades de bacias no Brasil e na América Latina. O objetivo deste artigo foi apresentar uma reflexão como contribuição ao entendimento da governança da água como um novo paradigma contextualizador dos desafios sociais da GIBH. Por meio da metodologia aplicada no estudo, identifica-se este distanciamento como um sistema vazio de pedagogia, cultura e política. A partir do diálogo com pesquisadores do Brasil, Costa Rica, México, Estados Unidos, Canadá e França, a reflexão propõe o entendimento destes vazios como desafios sociais da GIBH e conclui propondo três estratégias para o aumento de sua efetividade junto às comunidades de bacias. É proposto um entendimento do conceito de governança da água em torno do aumento da capacidade de gestão local, de uma economia de experiência da degradação e de comunidades de aprendizagem.

Artigo do professor Daniel José da Silva.

9. Gestão Transdisciplinar do Ambiente: uma perspectiva aos processos de planejamento e gestão social no Brasil.

Esta tese de doutorado propôs uma abordagem transdisciplinar ao planejamento e à gestão social do ambiente. Como resultado foi obtido um conjunto de tecnologias sociais sob forma de concepções e metodologias. São eles: (a) Metodologia de Planejamento Estratégico Complexo; (b) Metodologia de Percepção Complexa do Ambiente; (c) Concepção de Gestão Transdisciplinar do Ambiente; (d) Concepção de Educação para a Sustentabilidade, relacionando a Educação para a Gestão, a Educação Tecnológica, a Educação para Educadores e a Educomunicação, tendo a Educação



Ambiental e Educação para a Paz como estratégias transversais; (e) Dinâmicas pedagógicas para trabalhar a Educação Legal, a reflexão ética para a sustentabilidade, avaliação de projetos pedagógicos sociais e a ação crítica, cooperativa e solidária; e (f) Planejamento e gestão integrada de políticas públicas: Política das águas, de Unidades de Conservação, do Estatuto da Cidade e da Educação Ambiental.

Tese de Roseane Simões Palavizini, defendida em 2006.

10. Cenários de uso e outorga de água para a bacia hidrográfica do rio Canoas: uma contribuição à gestão social da água.

Neste trabalho, foi construído um conjunto de cenários de uso da água na bacia do rio Canoas através de um modelo de rede de fluxo para o suporte à decisão, o AcquaNet. Para isto, foi elaborado e estruturado um banco de dados organizado através de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) com informações sobre as características hidrográficas da região, um estudo sobre suas disponibilidades hídricas e estudos de estimativa da demanda de água na bacia hidrográfica. A partir da elaboração de cenários de uso da água, foi possível avaliar a disponibilidade hídrica da bacia, estudar os critérios de outorga e avaliar as garantias de abastecimento de água segundo o tipo de uso e o município.

Dissertação de Celso Moller Ferreira, defendida em 2007.

11. Proposta de corredor ecológico para as áreas de recarga direta do Aquífero Guarani em Santa Catarina – Brasil.

A dissertação identificou as áreas com maior capacidade de proporcionar a recarga de água de forma direta para o Aquífero Guarani em Santa Catarina e propôs uma delimitação para a criação de corredor ecológico que pudesse incluir estas áreas, objetivando sua proteção. Este estudo foi realizado a partir da organização de uma base de dados georreferenciados que abrangeram informações sobre o uso do solo, geologia, declividades, hidrografia, entre outros. Através da pesquisa, concluiu-se que o uso de tecnologias e conhecimento de campo pode subsidiar informações importantes para a manutenção da conservação da natureza sem ter de referenciar em modelos de preservação excludentes de comunidades locais.

Dissertação de Álvaro Praun Júnior, defendida em 2007.

12. Análise dos conflitos e a gestão das áreas com limitações de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Urubici.

O objetivo principal dessa dissertação foi analisar os conflitos e a gestão das áreas com limitações de uso do solo, incidentes sobre a bacia hidrográfica do rio Urubici. No intuito de alcançá-lo, foi realizada uma revisão bibliográfica seguida da análise dos conflitos de uso do solo na bacia e análise das instituições. A análise dos conflitos de uso do solo compreendeu em quatro etapas: (1) *Delimitação da área de estudo*, (2) *Mapeamento do uso do solo*, (3) *Mapeamento das áreas com limitação de uso*, e (4) *Mapeamento dos conflitos entre o uso do solo e as limitações*. Os resultados



obtidos demonstraram que uma parte significativa do município apresenta conflitos em áreas de preservação permanente, dentro do Parque Nacional de São Joaquim e em relação à Mata Atlântica, pois os usos de solo ali existentes não condizem com o permitido pela legislação nestas áreas.

Dissertação de Luciane Dusi, defendida em 2007.

4. Descrição detalhada da tecnologia

4.1. Processo de elaboração

A tecnologia proposta pelo Objetivo Específico 5 é um Modelo de Planejamento e Gestão do Território para a Zona de Recarga Direta do Aquífero Guarani, cujo processo de elaboração pode ser visualizado na figura 3.

Este processo teve como primeira etapa o levantamento de artigos, dissertações e teses realizados ao longo de sete anos pelo grupo de pesquisa GTHidro, do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

Em seguida, foi realizada a proposição da tecnologia social, que consiste num Modelo onde a partir da representação digital do território e do conhecimento de algumas políticas públicas relacionadas ao desenvolvimento sustentável, a comunidade comece a se tornar sujeito no processo de planejamento e governança do município de Urubici.

Iniciou-se então o primeiro contato com as lideranças locais da região, que englobaram representantes da Prefeitura, de ONG's, proprietários de hotéis da região, agricultores, entre outros. Em reunião oficial com a coordenação do Projeto, a comunidade aceitou participar das atividades propostas e efetuou-se então um acordo entre ambos.

A partir deste momento, os trabalhos foram direcionados ao detalhamento da tecnologia: selecionaram-se quais as tecnologias que poderiam ser trabalhadas, bem como as ferramentas necessárias para concretização deste objetivo.

Pretende-se a partir dos produtos obtidos pelo Modelo gerar: (1) o domínio da tecnologia por parte da comunidade; (2) um esboço de lei municipal de Desenvolvimento Sustentável; (3) um Plano Estratégico para a Governança do Território; e (4) projetos locais de valorização da araucária, do xaxim, do pinhão, de Unidades de Conservação e da agricultura ecológica.

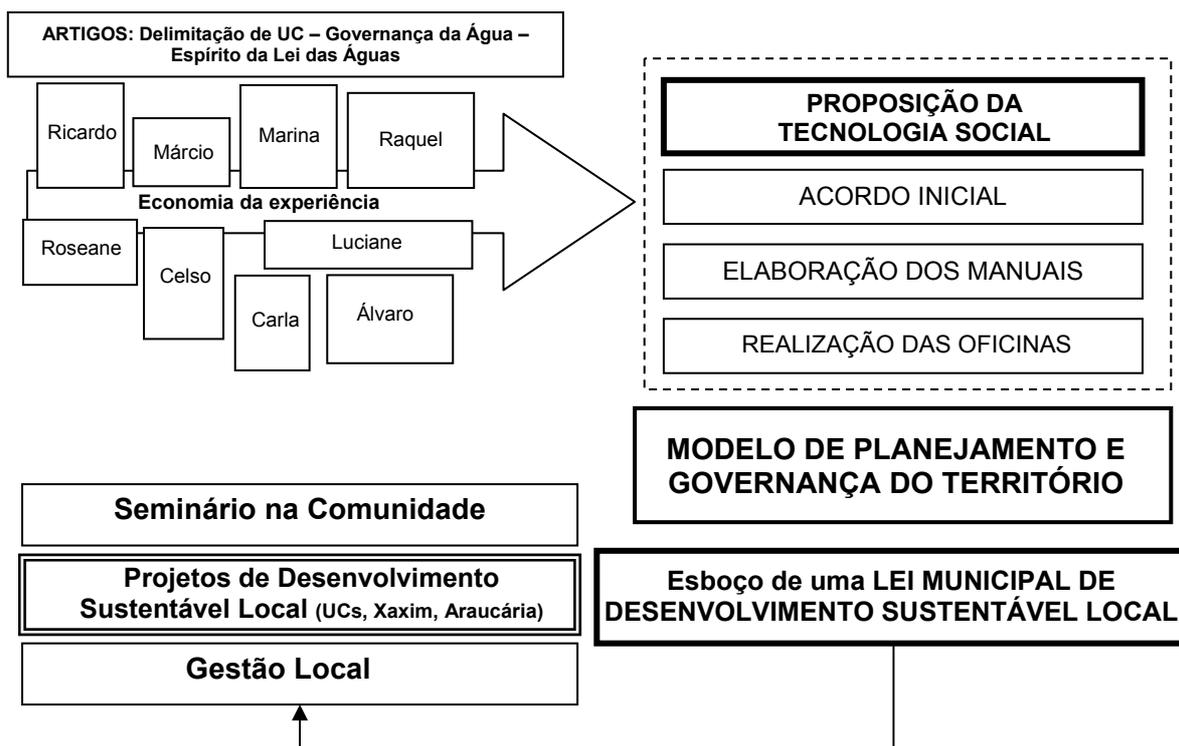


Figura 3. Fluxograma do processo de elaboração do Modelo.

4.2. Modelo de Planejamento e Governança do Território para a Zona de Recarga Direta do Aquífero Guarani

O Modelo apresentado neste dossiê pode ser entendido como um *modelo cognitivo*, ou seja, que envolve um processo pedagógico a ser construído com as pessoas por meio de uma metodologia, onde se aprende com o próprio operar.

Este Modelo é formado de cinco momentos:

1. **Representação digital do território**, com aprendizado de *software* para a visualização do território em sistemas digitais;
2. **Estudo do ciclo hidrológico local e construção de cenários de uso da água**, no qual a comunidade irá construir diversos cenários de uso da água com base em aspectos qualitativos e quantitativos;
3. **Visualização das áreas com restrição de uso** na região, representadas pela sobreposição de mapas temáticos do uso do solo com as áreas de uso limitado definidas juridicamente, como Áreas de Preservação Permanente (APP's), Parque Nacional de São Joaquim e a Mata Atlântica; a quarta se refere às potencialidades de desenvolvimento sustentável local a partir do que chamamos de "*leis irmãs*" (Leis federais nº 9.433/1997, nº 9.985/2000, nº 10.257/2001, nº 9.795/1999) e ainda, da Lei nº 11.428/2006;
4. **Visualização das potencialidades de desenvolvimento sustentável local a partir das leis irmãs**, onde serão identificadas as possibilidades de integração entre as leis que permitam a proposição de ações legais que transcendam as limitações impostas por cada lei especificamente;



5. *Elaboração do esboço de lei municipal de desenvolvimento sustentável local e dos projetos.*

A figura 4 apresenta um esquema do Modelo de Planejamento e Governança do Território para a Zona de Recarga do Aquífero Guarani.

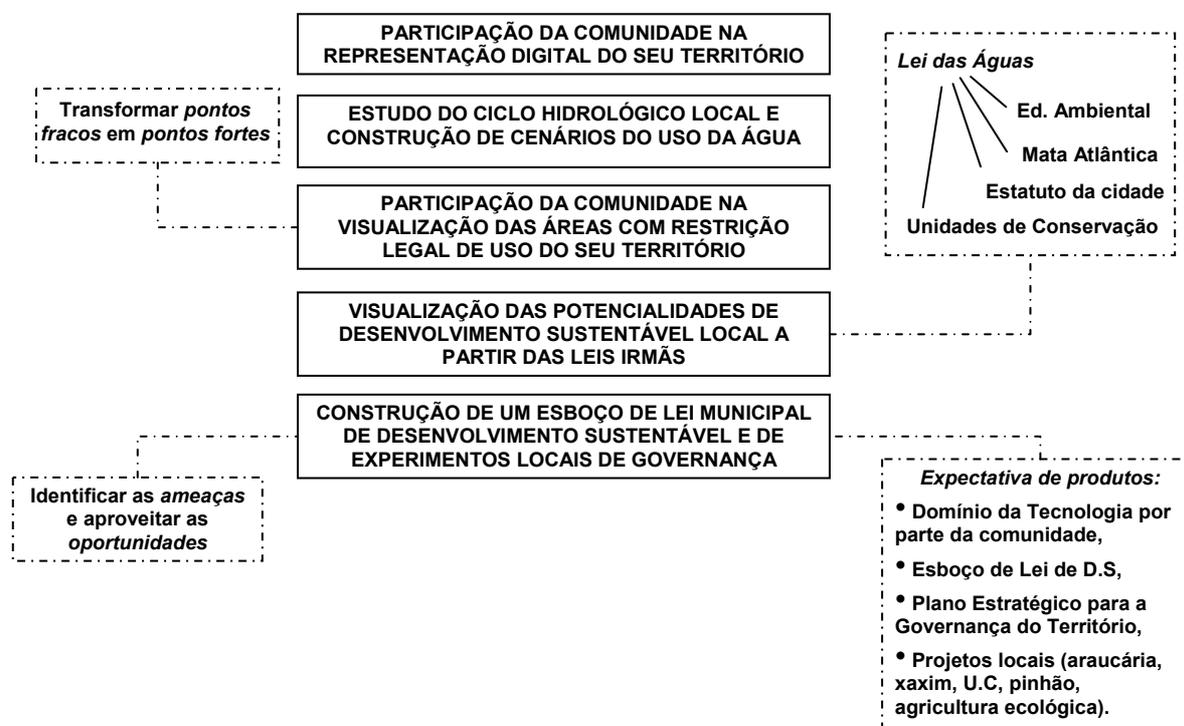


Figura 4. Esquema do Modelo de Planejamento e Governança do Território para a Zona de Recarga Direta do Aquífero Guarani.

5. Descrição da aplicação da tecnologia

A tecnologia proposta pelo Objetivo 5 será aplicada no município de Urubici. Ela está estruturada em encontros que visam à capacitação dos monitores em cartografia digital e a construção participativa de mapas temáticos. Estes encontros serão realizados em forma de oficinas e estão divididos em dois momentos: (1) *teoria*, que abrange a construção participativa dos conceitos e (2), *prática*, realizada em computadores com o auxílio da equipe do Objetivo e/ou em mapas cartográficos e saídas a campo para reconhecimento das áreas com GPS. A seguir, apresentaremos a estrutura geral e o detalhamento dos encontros programados.

5.1 Estrutura geral da capacitação em cartografia digital e construção participativa de mapas temáticos

- Cartografia Básica;
- Mapeando o Ambiente;
- A água no município de Urubici;
- Mapeando as áreas de interesse pessoal;
- Criando os nossos mapas.



5.2 Encontros (Oficinas)

Encontro 1 – Cartografia Básica

Teoria: Noções gerais de cartografia, noções gerais de SIG e acesso as bases de dados públicas na web (Epagri, SDS, ANA).

Prática: Visualização de dados e navegação com google Earth.

Campo: Práticas de GPS

Materiais: Computadores com Internet e GPS.

Encontro 2 – Mapeando o Ambiente

Teoria: As cartas do IBGE, mapas temáticos já existentes, mapeamento do Plano Diretor Municipal.

Prática: Visualização dos dados cartográficos do IBGE e temáticos, verificar possibilidade de trabalhar com os dados do plano diretor.

Campo: Identificação de fatores ambientais em campo

Materiais: Computadores e GPS.

Encontro 3 – A água no município

Teoria: O ciclo hidrológico na região, bacias e sub-bacias hidrográficas do município, hidrografia e a rede de drenagem do município.

Prática: Mapeamento de bacias e sub-bacias hidrográficas no município e elaboração conjunta do mapa de qualidade da água no município.

Campo: Visualização do conceito de bacia hidrográfica e marcação com GPS dos pontos de coleta de água.

Materiais: Cartas do IBGE impressas e Computadores sem internet e GPS.

Encontro 4 - Mapeando áreas de interesse especial

Teoria: Áreas de Preservação Permanente (APP), áreas de recarga do aquífero, áreas com restrição de uso, as Unidades de Conservação e áreas de especial interesse.

Prática: Visualização de dados e navegação com arcExplorer.

Campo: Identificação em campo de pontos de interesse ambiental.

Materiais: Computadores sem internet e GPS.

Encontro 5 - Criando os nossos mapas

Teoria: Construção participativa em grupos dos mapas de interesse.

Prática: Construção prática dos mapas planejados na construção participativa e impressão dos mapas gerados em tamanho de pôster.

Campo: Identificação em campo de pontos de interesse

Materiais: Computadores sem internet e GPS.

Encontro 6 – Leis Irmãs



Teoria: Leis Federais 9.433/97 de Recursos Hídricos, 9.985/00 de Unidades de Conservação, 10.257-01 Estatuto das Cidades e a Lei Federal 9.795/99 Educação Ambiental.

Encontro 7 – Governança

Teoria: Economia de experiência, comunidade de aprendizagem e gestão local.

6. Resultados esperados

Os resultados esperados deste objetivo foram trabalhados a partir do conceito de “*Visão de Sucesso*” e estão listados a seguir:

- AMAE e suas Organizações consolidadas juridicamente e capacitadas para a Governança do Território de Urubici;
- Um modelo de Planejamento e Governança do Território de Urubici construído de forma participativa e pedagógica que sirva de referência para a cátedra da UNESCO de Governança do Território;
- Uma proposta de Lei municipal de desenvolvimento sustentável, construída de forma participativa e pedagógica, com base *no espírito das leis irmãs*;
- Projetos de desenvolvimento sustentável local das vocações naturais de Urubici (a Zona de Recarga Direta do Aquífero Guarani, a Serra Geral, o turismo sustentável, a produção de pinhão, a agrifulticultura ecológica, dentre outros) elaborados pelas organizações locais com o apoio e em parceria com as Instituições Públicas e Organismos de Financiamento.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALDAS, Carla R. M. **O planejamento e a gestão social do ambiente à Luz das políticas públicas: uma proposta para a Zona de Amortecimento do Parque Nacional de São Joaquim no Município de Urubici.** Florianópolis, 2004. 279 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

CALLADO, Ricardo. **Utilização do geoprocessamento para determinação de unidades ecodinâmicas: subsídios ao planejamento ambiental.** Florianópolis, 2003. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

CHRISTOFIDIS, Marina. **O enquadramento participativo de corpos d'água como um instrumento da gestão de recursos hídricos com aplicação na bacia do rio Cubatão Sul - SC.** Florianópolis, 2006. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

DUSI, Luciane. **Análise dos conflitos e a gestão das áreas com limitações de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Urubici.** Florianópolis, 2007. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

FERREIRA, Celso M. **Cenários de uso e outorga de água para a bacia hidrográfica do Rio Canoas: uma contribuição à gestão social da água.** Florianópolis, 2007. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

PALAVIZINI, Roseane S. **Gestão transdisciplinar do ambiente: uma perspectiva aos processos de planejamento e gestão social no Brasil.** Florianópolis, 2006. 415 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

PRAUN Jr., Álvaro. **Proposta de corredor ecológico para as áreas de recarga direta do Aquífero Guarani em Santa Catarina – Brasil.** Florianópolis, 2007. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

SILVA, Daniel J.; PALAVIZINI, Roseane; CALLADO, Ricardo; Cristo, Sandro S.V.; CARDOSO, Maridélia; FERREIRA, Celso M. **Delimitação Multicriterial para Unidades de Conservação. Estudo de Caso: Parque Nacional São Joaquim/SC.** Artigo não publicado.

SILVA, D. J. **O Espírito da Lei Brasileira das Águas: Lei Federal 9.433/97.** Canadá, 2005. 20p. Trabalho não publicado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.



_____ Desafios sociais da gestão integrada de bacias hidrográficas: uma introdução ao conceito de governança da água. In: 74º Congresso de L'ACFAS, 2006. Université MacGill, Montreal, Canadá.

SILVA, Márcio C. C. da. **Uma contribuição à gestão de bacias hidrográficas a partir da investigação histórica do ambiente: estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Canoas/SC.** Florianópolis, 2004. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

SOUSA, Maria Raquel C. **Estudo da cobrança como instrumento de gestão social de bacias hidrográficas: uma aplicação à bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Sul.** Florianópolis, 2006. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

1. Equipe

William Gerson Matias – Coordenador do objetivo

Engenheiro Sanitarista - UFSC. Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (ENS). Doutor em Toxicologia Ambiental (Universite de Bordeaux II, França).

Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto – Pesquisadora

Bióloga - UFSC. Professora da Universidade Federal de Santa Catarina (ENS). Mestre e Doutora em Engenharia Ambiental (UFSC).

Luiz Carlos de Melo Filho - Pesquisador

Engenheiro Sanitarista - UFSC. Mestre e Doutor em Engenharia Ambiental (UFSC).

Arlete Malvina de Medeiros – Técnica de Laboratório

Técnica em Saneamento – CEFET /SC.

Aliatir Silveira Filho – Bolsista Iniciação Científica

Estudante de graduação de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC.

Sara Borém Sfredo – Bolsista Iniciação Científica

Estudante de graduação de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC.

Marcus Phoebe Farias Nunes de Freitas - Bolsista Iniciação Científica

Estudante de graduação de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC.



2. Descrição da problemática social

Atualmente em Santa Catarina, algumas áreas de desenvolvimento agrícola e pecuário com grande uso de adubos químicos, agrotóxicos e grande volume de geração de dejetos já enfrentam a falta de qualidade da água, o que pode resultar em graves problemas de saúde pública.

A agricultura irrigada, nos últimos anos, vem sendo considerada a “vilã” do desperdício de água e da contaminação dos recursos hídricos. No sul do estado, já existe conflito natural entre o uso da água para a rizicultura e o abastecimento humano. A irrigação de arroz por inundação exige uma alta demanda de água, o que gera conflitos do uso da água e ambientais. A solução desses tipos de conflitos passa pelo aumento da eficiência dos sistemas de irrigação e o gerenciamento adequado dos efluentes agrícolas quanto à contaminação.

O monitoramento dos recursos hídricos nas áreas rurais pode possibilitar o conhecimento dos problemas relacionados aos usos inadequados da água, bem como da utilização e ocupação do solo, decorrentes das várias atividades realizadas pelo homem. As informações obtidas permitirão a proposição de práticas de proteção, produção e saneamento do meio rural, as quais somente terão pleno sucesso, em relação à solução dos conflitos da água e o seu uso sustentável, se acompanhadas do empoderamento da comunidade rural envolvida.

Neste sentido, o Objetivo Específico 6 do Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água (TSGA) propõem elaborar um diagnóstico qualitativo das águas das bacias hidrográficas dos municípios que abrangem o projeto e disseminar a importância da preservação da qualidade da água através de um programa piloto pedagógico de educação ambiental a ser executado nas escolas das áreas rurais dos municípios envolvidos. Empregar-se-á também um programa de ensino à distância para a formação continuada de professores em recursos hídricos.

3. Descrição e aplicação da tecnologia

A tecnologia social neste objetivo é representada por um processo pedagógico para análise de qualidade de água que engloba as seguintes ações: (a) capacitação da comunidade para uso do Índice de Qualidade de Água (IQA); (b) capacitação de alunos para a utilização de KIT de análise de qualidade de água (adaptado para uso das comunidades) junto às escolas municipais; (c) programa de Educação Ambiental mediante Ensino a Distância (EaD) para professores municipais com vistas a gestão da água; e (d) elaboração de material didático (cartilhas) e atividades artísticas (teatro de fantoche e criação de personagens).

3.1. Índice de Qualidade de Água (IQA)

As análises de água realizadas para o diagnóstico de sua qualidade serão baseadas em parâmetros físico-químicos, bacteriológicos e toxicológicos. Estas análises serão realizadas no Laboratório Integrado de Meio Ambiente (LIMA) e no Laboratório de Toxicologia Ambiental (LABTOX), ambos pertencentes ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.



Para caracterização destes parâmetros, será utilizado o Índice de Qualidade das Águas (IQA), desenvolvido pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos, e adaptado pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) para a realidade brasileira. O IQA abrange nove parâmetros, considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas. São eles: Coliformes Fecais, pH, DBO₅, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez, Temperatura, Oxigênio Dissolvido (O.D.) e Sólidos Totais.

A partir dos valores encontrados, realiza-se um cálculo e através de seu resultado a água é classificada como **Excelente**, **Boa**, **Média**, **Ruim**, ou **Muito Ruim**. A fórmula utilizada é a seguinte:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

- **IQA:** Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;
- **n:** número de parâmetros utilizados no IQA, no caso são 9;
- **qi:** qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida.
- **wi:** peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Escala do IQA:

Nível de Qualidade	Faixa	Cor de Referência
Excelente	$90 < IQA \leq 100$	
Bom	$70 < IQA \leq 90$	
Médio	$50 < IQA \leq 70$	
Ruim	$25 < IQA \leq 50$	
Muito Ruim	$0 \leq IQA \leq 25$	

Para a avaliação da **toxicidade dos corpos hídricos** empregar-se-á o **Teste de Toxicidade Aguda** com *Daphnia magna* (metodologia descrita nas normas NBR 12713, CETESB L 5018 e a DIN 38412).

O primeiro passo para a realização do diagnóstico foi a escolha dos pontos de coletas de água nas bacias hidrográficas abrangidas pelo projeto. Em seguida, realizaram-se as análises dos parâmetros físico-químicos, bacteriológicas e



toxicológicos para um primeiro período de coletas (setembro a dezembro), compreendendo 24 pontos amostrais. As figuras 1, 2, 3, e 4 apresentam fotos da equipe durante a determinação dos pontos amostrais e durante as coletas de água.



Figura 1: Determinação dos pontos de coleta – Equipe de pesquisadores do Objetivo 6 na ponte sobre o Rio Timbé, no município de Timbé do Sul.



Figura 2: Determinação dos pontos de coleta – Equipe de pesquisadores acompanhada do técnico da SAMAE no Rio Laranjeiras em Orleans.



Figura 3: Ponto de coleta do rio Turvo no município de Turvo.



Figura 4: Pesquisadores da equipe coletando amostras de água do Rio Itoupava no município Ermo.

3.2. Programa piloto pedagógico de educação ambiental

A implementação de um programa piloto de educação ambiental em escolas localizadas nas áreas rurais está sendo realizada com o objetivo de sensibilizar professores e alunos para a gestão, preservação e valorização da água.

Os alunos e professores serão envolvidos em diferentes atividades, as quais visam reforçar as competências pedagógicas e científicas dos professores e a mudança de comportamentos dos alunos e de toda a comunidade escolar em relação à preservação da qualidade e o uso sustentável da água. Dentre as atividades de educação ambiental junto às escolas, foi proposta a realização de aulas práticas envolvendo análises de qualidade de água, teatro de fantoches e a elaboração de uma cartilha.

Inicialmente foram escolhidas três escolas para participar do Programa. No município de Turvo, foi escolhida a Escola Básica Municipal Professora Laura Andrade, localizada na comunidade rural de Linha Contessi, em Orleans; a Escola Básica Leopoldo Hanof, na comunidade rural de Barracão; e em Urubici, a Escola Municipal Santa Terezinha, localizada na comunidade rural de Santa Terezinha. As figuras 5, 6 e 7 apresentam fotos das escolas escolhidas para participar na primeira etapa do Programa Piloto de Educação Ambiental.



Figura 5: Foto da Escola Básica Municipal Professora Laura Andrade – Comunidade Rural de Linha Contessi – Turvo.



Figura 6: Foto da Escola Básica Leopoldo Hanof – Comunidade Rural de Barracão – Orleans.



Figura 7: Foto da Escola Municipal Santa Terezinha – Comunidade Rural de Santa Terezinha – Urubici.

3.2.1. EcoKIT

As análises de água nas aulas práticas serão realizadas com Kits especialmente desenvolvidos para serem utilizados por alunos em escolas desprovidas de laboratórios. A figura 1 apresenta o “EcoKIT” a ser fornecido às escolas participantes do projeto.



Figura 8: Kit para análises da qualidade da água.



Para as aulas práticas também será utilizado um KIT especialmente desenvolvido para a análise de coliformes totais e fecais. Ele é composto de uma mini estufa e de uma cartela própria para este tipo de análise. A figura 9 apresenta a mini estufa a ser fornecida às escolas participantes do projeto.



Figura 9: Mini estufa microbiológica para análise de coliformes.

3.2.2 Cartilha e teatro de fantoches

As cartilhas serão desenvolvidas num trabalho conjunto envolvendo a equipe de pesquisadores do Objetivo 6 e as escolas abrangidas no projeto, considerando as problemáticas na gestão da água encontradas nos respectivos municípios. Após a criação das histórias que formarão as cartilhas, estas serão encenadas em teatros de fantoches.

Para ilustrar e protagonizar as histórias da cartilha e do teatro de fantoches criou-se uma personagem baseada no bioindicador *Daphnia magna* que será utilizado nos testes de toxicidade aguda na avaliação dos rios das bacias hidrográficas envolvidas no Projeto TSGA. Esta personagem é a única que foi criada sem a colaboração dos alunos e participará das histórias criadas por eles nas três escolas. As demais serão criadas em conjunto com os alunos considerando as particularidades de cada região.

Para a criação da personagem do bioindicador *D. magna* foi inicialmente, analisada a forma deste microcrustáceo, procurando detalhes que pudessem ser valorizados. A figura 10 apresenta quadro com algumas das fotografias de *D. magna* que foram observadas durante a criação da personagem.

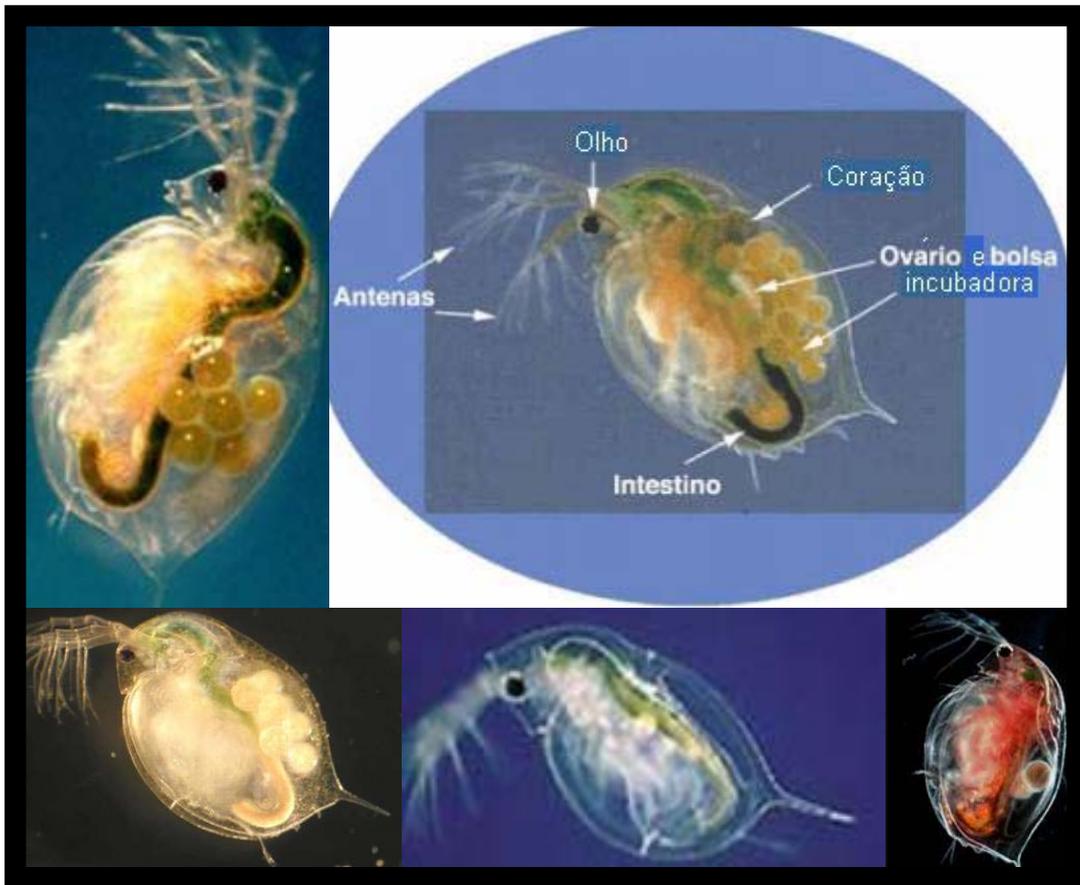


Figura 10: Fotografias de *Daphnia magna*

Após a análise da forma da *D. magna*, foram esboçados alguns desenhos nos quais procurou-se dar um aspecto de personagem de “história em quadrinhos”, conferindo-lhes uma certa “humanização”. A figura 11 apresenta os esboços finais da mascote *D. magna*.

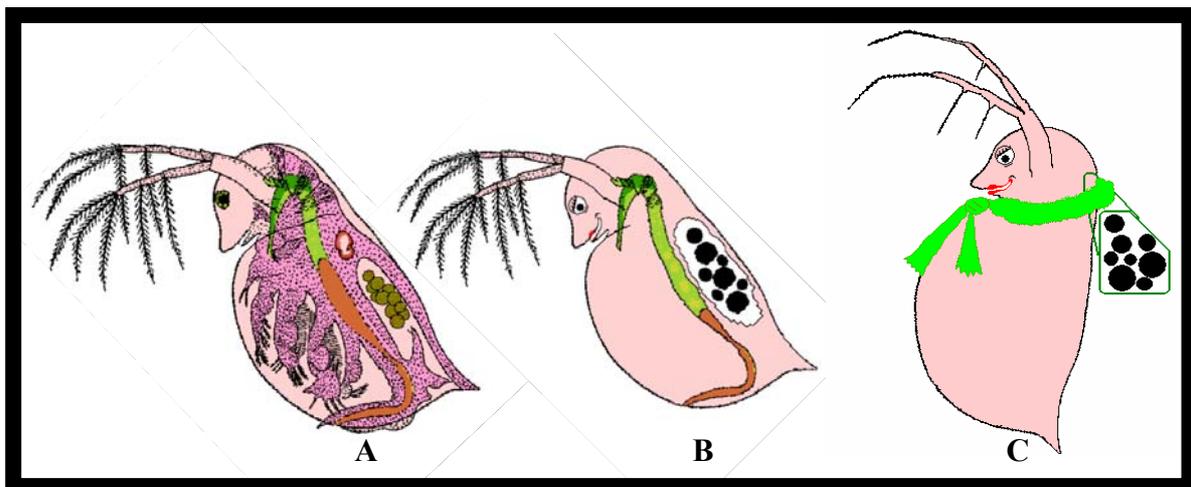


Figura 11: Sequência dos esboços da mascote *Daphnia magna*



Definido o desenho da personagem *D. magna*, elaborou-se um protótipo em três dimensões para ser apresentado aos alunos. A figura 12 apresenta o protótipo da personagem *D. magna*.



Figura 12: A personagem *Daphnia magna*

Para a escolha do nome da personagem foi realizada uma votação na Escola Professora Laura Andrade em Turvo. Inicialmente, os alunos observaram a *D. magna* num microscópio esterioscópico e foi lhes explicado a importância deste microcrustáceo para avaliação da toxicidade das águas. Após conhecerem a *D. magna* e a sua personagem, os alunos escolheram, através de eleição, o nome da personagem. As figuras 13 e 14 apresentam fotos da atividade de observação da *D. magna* e da eleição para escolha do nome da personagem.



Figura 13: Aluno da Escola Prof^a Laura Andrade observando *D. magna*.



Qual deve ser o nome de nossa personagem?

Daphnia Daphy



Sua sugestão: _____

Figura 14: Alunos da Escola Prof^a Laura Andrade na eleição no nome da personagem e a cédula utilizada na votação.

3.2.3. Programa de Educação a Distância

O programa piloto pedagógico de educação ambiental também utilizará o recurso Educação a Distância (EaD) para a formação continuada de professores das escolas de ensino fundamental e/ou médio dos municípios envolvidos no projeto, através do **Curso Recursos Hídricos e Sociedade**, enfatizando a **gestão local das águas**.

Este curso será aplicado totalmente a distância. Os participantes terão um ambiente coletivo destinado à apresentação do conteúdo teórico e um ambiente individualizado para suas atividades práticas. Em todas as situações contarão com o auxílio de tutoria especializada em estratégias de EaD e Gestão da Água.

O curso de EaD utilizará o **Moodle** (ambiente de aprendizagem dinâmico modular orientado ao objeto) que é um software desenvolvido para produzir e gerenciar atividades educacionais baseadas na *internet*. Pretende-se, com as ferramentas do **Moodle**, que os professores participantes efetuem reflexões críticas a respeito da problemática da gestão da água em seus municípios, e assim, obtenham uma máxima interação e integração entre si, facilitando a aprendizagem.

Para dar início as atividades de EaD em 2008, foram doados computadores às escolas Professora Laura Andrada do município de Turvo (Comunidade de Linha Contessi) e Leopoldo Hanof do município de Orleans (Comunidade de Barracão). As figuras 15 e 16 apresentam fotos das solenidades de entrega dos computadores.



Figura 15: Professor William Matias – coordenador do Objetivo 6 - durante a solenidade de entrega do computador. À direita, a diretora da escola, Prof^a Ursula Pavarin, a Secretária Municipal de Educação de Turvo, Senhora Delci Tânia Miliosslli e a representante da EPAGRI, Sra. Nelice Rosso .



Figura 16: Professor William Matias entrega para a secretária da Escola Leopoldo Hanof, Professora Francielli Baschiroto (representante da Diretora Antônia Baschiroto Orbem), o certificado de escola participante do Projeto TSGA e o computador durante a solenidade de entrega do computador.

5. Resultados esperados

A partir dos trabalhos de diagnóstico das bacias hidrográficas e educação ambiental presencial e a distância, espera-se aumentar a compreensão da comunidade sobre os recursos hídricos, suas características e a importância de sua preservação. O conhecimento da qualidade da água auxiliará no processo participativo de elaboração e



Dossiê do Objetivo 6

Qualidade da Água

de implementação das políticas públicas, além de contribuir para a construção da cidadania ambiental.



1. Equipe

Daniel José da Silva - Coordenador do Objetivo

Engenheiro Civil - UFSC. Professor da Universidade Federal de Santa Catarina (ENS). Mestre em Sociologia Política (UFSC). Doutor em Engenharia de Produção (UFSC). Pós-doutorado (Université du Québec, Montréal, Canadá).

Roseane Simões Palavizini - Consultora

Arquiteta – UFBA. Presidente do Instituto Autopoiésis Brasilis - OSCIP e Consultora em urbanismo, planejamento ambiental, gestão de recursos hídricos, gestão social e educação para a sustentabilidade. Mestre em Urbanismo (UFBA). Doutora em Engenharia Ambiental (UFSC).

Celso Moller Ferreira - Pesquisador

Eng. Sanitarista e Ambiental - UFSC. Consultor da GEOSUSTENTAVEL - Engenharia e Meio Ambiente e Pesquisador da UFSC. Possui especialização em Hidrologia General y Aplicada – Máster (CEDEX - Centro de Experimentacion y Obras/Centro de Estudios Hidrográficos). Mestre em Engenharia Ambiental (UFSC).

Márcio Cláudio Cardoso da Silva - Pesquisador

Eng. Sanitarista e Ambiental - UFSC. Bacharel e Licenciado em História – UFSC. Mestre em Engenharia Ambiental (UFSC).

Janaina Sant'Ana Maia Santos - Pesquisadora

Bacharel e Licenciada em Biologia – Universidade de Taubaté. Técnica Ambiental do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tijuca. Mestre em Sensoriamento Remoto (INPE). Doutoranda do Programa de Pós- Graduação em Engenharia Ambiental (UFSC).

Julia Santos Silva – Bolsista do Projeto

Formanda em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.

Marcelo Monte Carlo Silva Fonseca – Bolsista do Projeto

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.

Lucas Barros Arruda – Bolsista do Projeto

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.

Richard Eillers Smith – Voluntário

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC.



2. Descrição da problemática social

A necessidade de construir com as comunidades, técnicos e gestores públicos a cultura de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão da água, ascende quando verificamos a disjunção destes fatores no planejamento e uso dos recursos hídricos. A insistência em desconsiderar no planejamento dos planos diretores as bacias hidrográficas como referência, revela problemas de uso dos recursos naturais e gerenciamento dos recursos hídricos.

Palavizini (2006) menciona que o planejamento e a gestão de bacias tiveram um grande avanço com a criação das políticas nacionais que passaram a definir mudanças estruturais no processo. A Lei Federal do Estatuto da cidade, a Política Nacional dos Recursos Hídricos, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação juntamente com a Lei Federal de educação ambiental formam um conjunto de políticas nacionais que podem ser chamadas de Leis Irmãs pelo simples fato que operam em conjunto.

Esse conjunto de leis possui alguns pontos comuns: a finalidade de disciplinar a conduta social coletiva; o comprometimento com a construção de uma sociedade sustentável para garantir a disponibilidade de recursos, a qualidade de vida às gerações futuras e a participação dos indivíduos no processo de gestão dos recursos naturais e da construção de cidades cujo desenvolvimento seja sustentável (SILVA, 2005).

Já foram feitas várias tentativas para implementação dessas políticas com diferentes modelos e metodologias. Observa-se muito desgaste das comunidades nos momentos de criação dessas distintas metodologias, apresentando pouca efetividade e desperdício de recursos (PALAVIZINI, 2006). A necessidade de uma gestão efetiva implica no enriquecimento dos processos construtivos baseados na realidade local.

O crescimento das organizações de sociedade civil e a participação nas decisões políticas, no planejamento e gestão de interesses públicos das comunidades começaram a ser impulsionadas a partir da Conferência Mundial de Meio Ambiente – Rio 92. A cidadania vem expandindo-se de diversas formas como Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público – OSCIP, Organizações Sociais OS, fundações dentre outras definidas por estatuto. Isso tudo vem acompanhado da inclusão legal da participação social nos processos decisórios através da criação das Leis Irmãs. (PALAVIZINI, 2006)

O planejamento e a questão social exigem uma cultura de diálogo e participação, comprometida com o interesse no bem comum. A formação de uma cultura baseada no diálogo, na cooperação exige uma nova capacitação de todos os envolvidos no processo. Antes de tudo, o planejamento e a gestão social possuem um processo cognitivo, que expande conhecimentos e transformações, possibilitando o aprender com o próprio operar, formando e qualificando os participantes no processo de atuação, fazendo com que se sintam parte do processo permanente de aprendizagem. (PALAVIZINI, 2006)

Silva (1998) acrescenta que o processo de produção de conhecimento nas comunidades possui internamente uma lógica cooperativa observada nos participantes do processo ao produzir suas sínteses na formação dos conceitos. No entanto, externamente na implementação das ações estratégicas, a lógica do comportamento organizacional é fundamentalmente competitiva, disputando recursos e espaço junto com as demais organizações atuantes no ambiente.

As estratégias necessárias para envolvimento local, sejam elas pedagógicas, culturais ou políticas, devem transcender as competências para gestão integrada de



recursos hídricos e para as comunidades de bacias. Quando a tentativa de sair de um sistema é mais difícil do que entrar, a solução é criar outro sistema. (SILVA, 2005).

SILVA (2006) ainda explica que existe um distanciamento entre as técnicas da gestão integrada de bacias hidrográficas e a realidade das comunidades de bacias. Isso pode ser entendido como um vazio grávido de potencialidades. Este vazio é resultado de uma indiferença, de uma incapacidade de ver outras dimensões de realidade, de saberes e de crenças com respeito à água e à natureza. O vazio como desafio para aproximação e para o entendimento do processo. Em busca de soluções através da pesquisa. Qualquer entendimento para proposta de preenchimento deste vazio serão sempre parciais, pois as pessoas muitas vezes procuram construir o que é melhor para si. No entanto, nem sempre a soma das coisas que é melhor para cada um é a soma do que é melhor para todos.

Para compreender melhor, Silva (2006) faz três proposições de preenchimento deste vazio, sem prejudicar e descartar outras que possam vir a contribuir. Para cada proposição surge um desafio e uma estratégia. O desafio e a estratégia pedagógica, a cultural e a política.

O desafio pedagógico encontra-se nas dificuldades de comunicação que as comunidades possuem em compreender de forma transdisciplinar o que um técnico tenta apresentar sobre dados referentes à bacia. São apresentados mapas, conceitos e informações que nem sempre conseguem ser assimilados. Entre o técnico e a comunidade apresenta-se então um vazio pedagógico entendido como uma dificuldade de informação. Surge a necessidade de um processo pedagógico mais efetivo, no qual tempos e didáticas estão sujeitos a metodologias, teorias e epistêmes comprometidas com uma perspectiva humanista e humanizadora. (SILVA, 2006)

A estratégia pedagógica parte de uma metodologia desenvolvida por Silva (1998) chamada de PEDS (Planejamento Estratégico para o Desenvolvimento Sustentável). Ela baseia-se na teoria da Autopoiesis, de Maturana e Varela; na teoria da Complexidade, de Edgar Morin, na pedagogia construtivista de Hans von Foster, Gregory Bateson e Paulo Freire e a teoria transdisciplinar, de Basarab Nicolescu e Stéphane Lupasco, entre outros. A estratégia deve concentrar-se na mobilização, na sensibilização e na capacitação da comunidade que deve ser foco do processo pedagógico. Surge desta maneira o conceito de comunidade de aprendizagem. Trata-se de construir as ações num novo espaço político, no qual as relações de poder entre o privado e público estão legalmente mediadas pelo social, representado pelas organizações sociais da comunidade de bacia, reconhecida então como o sujeito da gestão integrada de bacias. (SILVA, 2006)

O desafio cultural deve ser pensado como uma dificuldade de entendimento da comunidade em associar o que está sendo passado e suas experiências na gestão social da água. É preciso avançar a visão que a técnica é o critério da verdade e fonte do poder e ir ao encontro da cultura como dimensão histórica nas quais as visões de mundo da gestão integrada e da comunidade de bacia possam dialogar. (SILVA, 2006)

A estratégia cultural sugere a implementação de práticas sustentáveis com base numa economia de experiência que permita colocar a gestão da água numa dimensão civilizatória, conectando as atuais gerações das comunidades de bacia com o passado e o futuro. Para esta conexão necessita-se de diálogo a fim de troca experiências, para poupar erros e avançar nos acertos. (SILVA, 2006)



Por fim, o desafio político está associado as dificuldades de implementação da gestão social da água. Ela precisa transcender a atual prática de poder das culturas políticas, marcada pelo espírito competitivo e pela exclusão de conhecimentos. A competição por recursos naturais impede a evolução social das comunidades de bacias pois leva à prática da negociação de interesse dos usuários. A atual prática do poder não se harmoniza com o discordante e acaba engessando-o, utilizando-se de sua maioria democrática, através da idéia de ‘parlamento das águas’, empregando uma visão reducionista da gestão de bacias hidrográficas mencionada por Silva (2006) como a negociação de interesses; o domínio da especialização e o parlamento das águas. (SILVA, 2006).

A estratégia política deve propor a existência de organizações sociais comprometidas legalmente com o interesse de todos, através de relações sustentáveis entre a sociedade e a natureza. Isso pode ser entendido como o principal atrator de mediação do desafio político da gestão das águas. A existência local de políticas sustentáveis, sejam elas federais, estaduais e/ou municipais acrescentam de maneira substancial a iniciativa de uma melhor gestão social integrada. A existência de atividades econômicas ajustadas às políticas ambientais inseridas num novo contexto, o contexto da economia sustentável e solidária que alimente e efetive os anseios do desenvolvimento das comunidades. (SILVA, 2006).

Como descrito anteriormente, Silva (2006) apresenta a estratégia política como o aumento do poder de gestão local das comunidades de bacias, com conhecimentos jurídicos, com a criação de organizações sociais de gestão e políticas locais de sustentabilidade. A estratégia cultural com a implementação de práticas sustentáveis com base numa economia de experiência da degradação, passada e futura, com financiamento público e social. A estratégia pedagógica com a comunidade de bacia se assumindo como uma comunidade de aprendizagem, aprendendo com sua própria experiência e com a experiência dos outros, mergulhando numa pedagogia de mediação, de respeito, de prudência e diálogo. Representação do fractal (Figura 1).(SILVA, 2006)



Figura 1. Fractal que representa a Governança. (Fonte: SILVA, 2006)

3. Economia da experiência da tecnologia

A economia de experiência dos trabalhos e estudos que se seguem são parte integrante das pesquisas realizadas no Laboratório de Gestão Transdisciplinar de Bacias Hidrográficas (GTHIDRO). Elas irão contribuir para a concepção e aperfeiçoamento da



tecnologia social proposta pelo objetivo 5. São bases de dados relevantes que auxiliarão no processo de comunidade de aprendizagem das comunidades locais. As pesquisas são:

SILVA (1998) realizou a tese de doutorado sobre a abordagem cognitiva ao planejamento estratégico aplicada ao desenvolvimento sustentável. O planejamento é dirigido a organizações públicas sem fins lucrativos e o enfoque de desenvolvimento sustentável foi através da educação ambiental. Os resultados desta tese indicam metodologias e ferramentas pedagógicas que auxiliam nos processos construtivos de participação social das comunidades.

CALLADO (2003) desenvolveu uma contribuição lógica que operam os espaços naturais por meio de técnicas de geoprocessamento apontando o grau de vulnerabilidade às alterações do ambiente de uma bacia hidrográfica frente à ação antrópica.

CALDAS (2004) analisou as políticas públicas favoráveis à implementação de um processo de planejamento e gestão social do ambiente de forma integrada e participativa entre unidade de conservação, bacia hidrográfica e município, tendo como área de estudo o Parque Nacional de São Joaquim, a Bacia Hidrográfica do Rio Canoas e o município de Urubici.

SILVA (2004)

CHRISTOFIDIS (2006) estudou o enquadramento participativo de corpos d'água como instrumento de gestão da água, tendo a bacia do Rio Cubatão Sul como campo de aplicação do estudo. Dentre as conclusões do trabalho, encontra-se que a participação é um elemento que está começando a ser adotado mundialmente na gestão de recursos hídricos, em países da América do Sul, América Central e América do Norte e Europa, nos quais a idéia de gestão participativa e social está cada vez mais avançada.

SOUSA (2006) estudou a cobrança pelo uso da água como instrumento da gestão social de bacias hidrográficas, propondo um modelo de cobrança para a bacia do rio Cubatão Sul com a participação de representantes do comitê Cubatão, adequado à realidade e necessidades daquela bacia. Durante o trabalho, verificou-se que a participação da comunidade é fundamental para a implementação de medidas que levem a um futuro melhor em termos de disponibilidade hídrica e que esta participação está associada à noção de integração participativa, em que o indivíduo colocado como ator no processo de gestão, sente sua importância onde ele afeta e é afetado pelo processo decisório.

PALAVIZINI (2006)

SILVA (2006)

FERREIRA (2007) desenvolveu sua dissertação de mestrado na Bacia Hidrográfica do rio Canoas em Santa Catarina. Seu estudo teve como objetivo criar cenários de uso da água visando subsidiar o estudo de critérios de outorga de direito de uso da água, através da aplicação de um modelo de rede de fluxo para o suporte de decisão, o AquaNet.



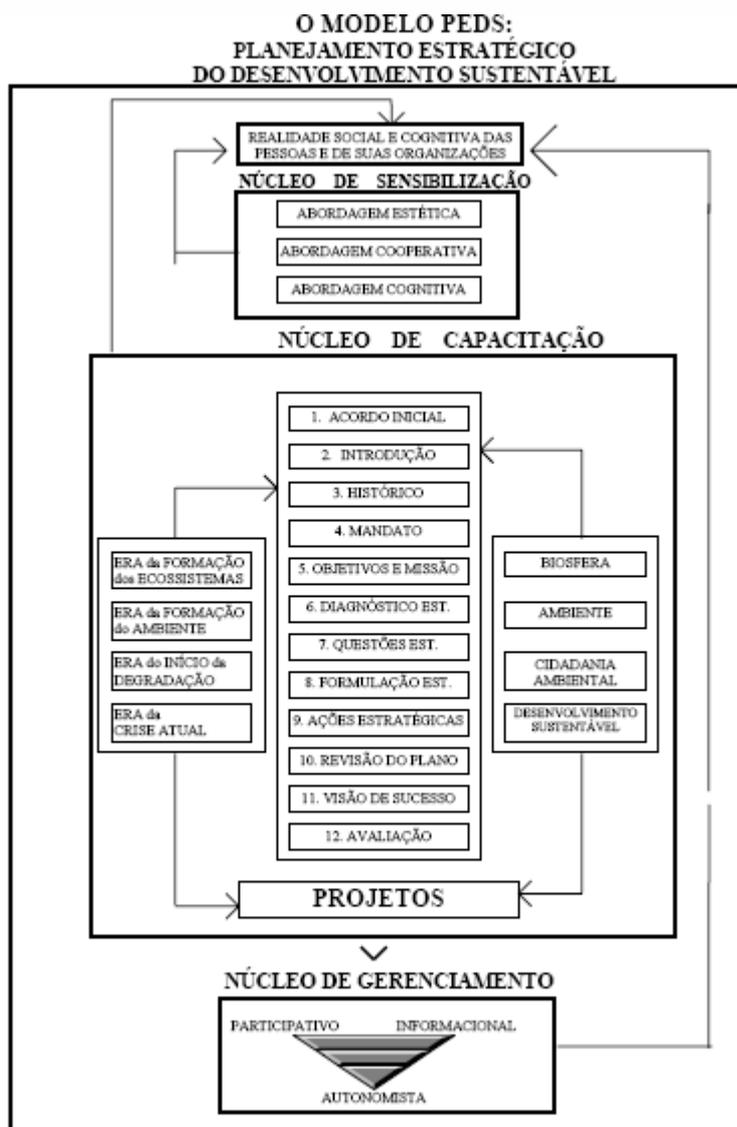
PRAUN JR. (2007) identificou as áreas com maior capacidade de proporcionar a recarga de água de forma direta para o Aquífero Guarani em Santa Catarina e propôs uma delimitação para a criação de corredor ecológico que pudesse incluir estas áreas, objetivando sua proteção. Através da pesquisa, concluiu que o uso de tecnologias e conhecimento de campo pode subsidiar informações importantes para a manutenção da conservação da natureza sem ter de referenciar em modelos de preservação excludentes de comunidades locais.

DUSI (2007) analisou os conflitos e a gestão das áreas com limitações de uso do solo, incidentes sobre a bacia hidrográfica Urubici.

4. Descrição detalhada da tecnologia

O Modelo PEDS

O Modelo PEDS, concebido em 1998, possui três metodologias que fundamentais: a Metodologia Pedagógica; a Metodologia Histórica e a Metodologia Estratégica. A concepção do modelo PED's está apresentado na figura XX.



Fonte: SILVA, 1998

A Metodologia Pedagógica (A Pedagogia do Amor)

A Pedagogia do Amor, baseada no método construtivista de Piaget e Paulo Freire, parte do conceito de amor, do biólogo Chileno Humberto Maturana, qual seja: o reconhecimento da legitimidade do outro como um legítimo outro na convivência. Apresenta-se, a seguir, a estrutura cognitiva da Pedagogia do Amor:

1º A REVELAÇÃO DA SUBJETIVIDADE (A afirmação de cada um)

2º A CONTRIBUIÇÃO DA DIVERSIDADE

3º A CONSTRUÇÃO DA INTER-SUBJETIVIDADE

4º A CONSTRUÇÃO DO DOMÍNIO LINGÜÍSTICO

A revelação da subjetividade parte da valorização de cada pessoa, da sua história e do seu saber. O que vale é a experiência de cada um. São conhecidas as diversidades presentes nos múltiplos universos da cultura de todos, valorizando-os e aceitando-os como legítimos no processo.



O objetivo deste segundo momento é levar o participante ao reconhecimento do outro e a um conhecimento que vem de fora, na forma de um texto ou conceito formulado. Nesse momento, existe a oportunidade de ampliação e aprofundamento do conhecimento dos participantes, contextualizando o tema trabalhado em outras áreas do conhecimento e com outras experiências.

A construção da inter-subjetividade se define pela interação entre os diversos conhecimentos e pela construção coletiva de um conhecimento comum. Nesse contexto, todos trabalham com o conhecimento de todos, inclusive com as informações externas valorizando o que todos produziram.

A construção do domínio lingüístico é o momento de maior tensão na dinâmica. Será elaborado o conceito comum para todos os participantes. Este conceito deve ser reconhecido por todos, ou seja, que todos se identifiquem com o que foi escrito. O conceito produzido pelo grupo é a representação de um espaço concensuado de representação semelhantes da realidade, ou seja, um domínio lingüístico e que este domínio, construído de forma coletiva, afetiva e cooperativa, é o primeiro passo para uma ação comunicativa transformadora da realidade.

Metodologia Histórica

A metodologia desenvolvida por Silva, foi estruturada em quatro eras, com seus respectivos Conceitos Operativos: a Era I – Formação dos Ecossistemas (Conceito de Biosfera); a Era II - Formação do Ambiente (Conceito de Ambiente); a Era III - Início da Degradação (Conceito de Cidadania Ambiental); e a Era IV – Crise Atual (Conceito de Desenvolvimento Sustentável).

Esta metodologia tem como objetivo orientar a construção do conhecimento ambiental contextualizado, nos experimentos, permitindo que o participante estabeleça conexões entre a sua história e a história do ambiente onde vive, refletindo sobre a sustentabilidade em sua cultura e construindo sua identidade ambiental.

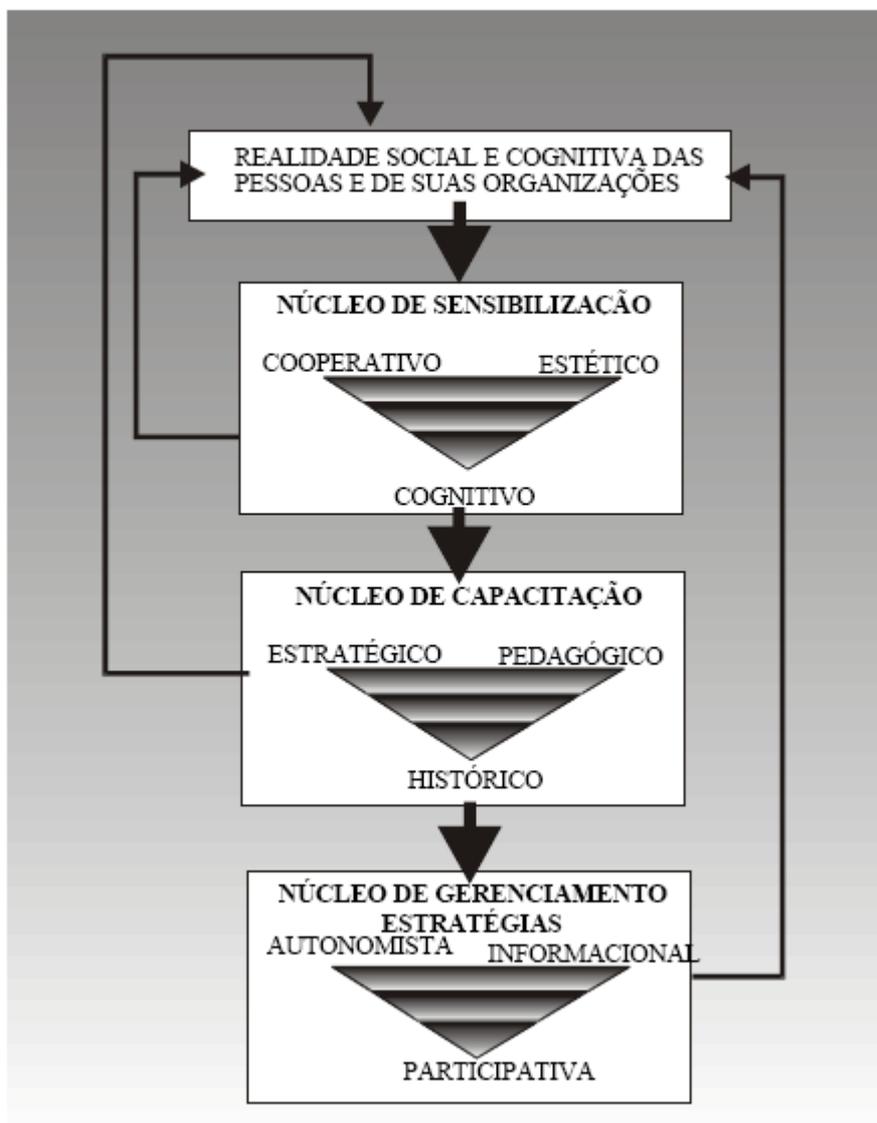
A Metodologia Estratégica

Essa metodologia exige requisitos: a construção do espírito cooperativo e a construção do domínio lingüístico entre os participantes. O espírito cooperativo é construído no Núcleo de Sensibilização, e o Domínio Lingüístico é construído no Núcleo de Capacitação.

A primeira inicia é o Acordo Inicial, estabelecendo as referências necessárias para a realização do Plano. A segunda etapa é a construção coletiva do Histórico e do Mandato (leis) do Desenvolvimento Sustentável. Os conhecimentos são dos eventos e das leis relacionadas no nível internacional, nacional e local. A terceira etapa é a construção da Missão do grupo, do Diagnóstico Estratégico, das Questões Estratégicas, das Estratégias e Ações, da Revisão do Plano, da Visão de Sucesso do grupo e da Avaliação.



ESTRUTURA DO PROCESSO DE CAPACITAÇÃO



5. Descrição da aplicação da tecnologia

6. Resultados esperados