



# OMNIA

REVISTA

VIII Edição





ISSN: 1677-3942

Revista da FAI - Faculdades Adamantinenses Integradas. Adamantina: Edições Omnia VIII, 2005

FAI - FACULDADES ADAMANTINENSES INTEGRADAS

RUA 9 DE JULHO, 730/40 - FONE/FAX: (18) 3522-1002

ADAMANTINA - SP - Brasil - 17800-000

[www.fai.com.br](http://www.fai.com.br)

[fai@fai.com.br](mailto:fai@fai.com.br)

[omnia@fai.com.br](mailto:omnia@fai.com.br)

2005

---

Esta obra está protegida pela Lei. Não pode ser reproduzida, no todo ou em parte, qualquer que seja o modo utilizado, incluindo fotocópia e xerocópia, sem prévia autorização dos autores.

Qualquer transgressão à Lei dos Direitos de Autoria será passível de procedimento judicial.



**Diretor da FAI:** Prof. Dr. Gilson João Parisoto  
**Vice-diretor da FAI:** Prof. Dr. Marcos Martinelli  
**Editor:** Prof. Dr. Rubens Galdino da Silva  
**Editor Assistente:** Prof. Ms. Márcio Castro  
**Planejamento e Projeto Gráfico:** Prof. Nuno A. Paranhos Vasques  
**Capa:** Anderson Flávio Piovesan  
**Diagramação:** Anderson Flávio Piovesan

**FACULDADES ADAMANTINENSES INTEGRADAS (FAI). Omnia. Adamantina:**  
**Edições Omnia VIII, dezembro, 2005.**

#### CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Gilson João Parisoto  
Prof. Dr. Márcio Cardim  
Prof. Dr. Geraldo Elvino Balestrieri  
Prof. Dr. Luiz Roberto Almeida Gabriel  
Prof. Dr. Marcos Martinelli  
Prof. Dr. Neoclaire Molina  
Prof. Dr. Olympio Correa de Mendonça  
Prof. Dr. Orlando Antunes Batista  
Prof. Dr. Roldão Simione  
Prof. Dr. Suetônio de Almeida Meira  
Prof. Dra. Zuleice Viana da Silveira  
Prof. Dra. Maria Thereza Giroto Matheus

#### CONSELHO CONSULTIVO

Prof. Dr. Antônio Celso Ferreira (UNESP/ Assis)  
Prof. Dr. Bento Prado Jr. (UFSCAR/São Carlos)  
Prof. Dra. Bernardete Angelina Gatti (PUC/SP)  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Mourão (UNESP/ Assis)  
Prof. Dr. Isaac Epstein (UMESP)  
Prof. Dr. Jaci Maraschin (UMESP)  
Prof. Dr. José Luiz Guimarães (UNESP/ Assis)  
Prof. Dr. Rubens Cruz (UNESP/ Assis)

#### REVISÃO

Prof. Ms. Márcio Castro (Inglês - ABNT)  
Prof<sup>a</sup>. Neusa Maria Paes

# Sumário

|  |            |
|--|------------|
| <b>A FAI: vocação para o Ecodesenvolvimento Regional</b>   | <b>6</b>   |
| <i>FAI: vocation for regional ecodesvelopment</i>  |            |
| <b>A Avaliação de Impactos Ambientais: uma introdução aos métodos</b>  | <b>8</b>   |
| <i>The evaluation of environmental impacts: an introduction to the methods</i>   |            |
| <b>Avaliação de impactos ambientais da implantação simulada de uma usina de álcool em Flórida Paulista/SP</b>  | <b>17</b>  |
| <i>Evaluation of environmental impacts through the simulated implantation of an alcohol factory in Flórida Paulista/SP</i>   |            |
| <b>Impactos Ambientais do Projeto de Implantação da Estação de Tratamento de Esgotos da Sabesp na Sub-bacia do Córrego Tocantins, Adamantina, São Paulo.</b>                               | <b>59</b>  |
| <i>Environmental Impacts of the Project of Implantation of the sewers treatment Station of sabesp in the Sub-basin of the Tocantins Stream, Adamantina, São Paulo</i>                      |            |
| <b>Construção da UHE 'Três Irmãos' e impactos sobre a mineração: importância da gestão ambiental</b>   | <b>79</b>  |
| <i>Construction of UHE 'Três Irmãos' (hydroelectric factory) and impacts about the mining: importance of the environmental management</i>  |            |
| <b>Implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem de Lixo Domiciliário Urbano em Adamantina-SP, na área de Aterro Sanitário, com ênfase na avaliação ambiental.</b>                     | <b>87</b>  |
| <i>Implantation of a factory of selection and compounding of urban domiciliary garbage in Adamantina-SP, in the sanitary earthwork area, with emphasis in the environmental evaluation</i> |            |
| <b>Detecção de metais em amostras de água utilizando "língua eletrônica"</b>   | <b>110</b> |
| <i>Detection of metals in water samples using "electronic tongue"</i>  |            |
| <b>O Grupo Fractal e suas Aplicações na Natureza</b>   | <b>123</b> |
| <i>The fractal group and its applications in the nature</i>  |            |
| <b>Resíduos Sólidos em Adamantina-SP: Análise da Usina de Triagem e Compostagem</b>  | <b>137</b> |
| <i>Solid Residues in Adamantina-SP: Analysis of the screen and compounding factory</i>   |            |
| <b>Força de Tração na barra de mecanismos sulcadores de semeadoras-adubadoras de plantio direto</b>  | <b>144</b> |
| <i>Traction force in the furrowers mechanisms bar of sowers - fertilizers of direct plantation</i>   |            |

# Dando visibilidade às questões ambientais

Esta edição está sendo dedicada exclusivamente ao meio ambiente. A intenção é dar visibilidade aos graves problemas ambientais na região da Nova Alta Paulista. Com isso, pretende-se despertar atenção dos gestores públicos ao encaminhamento de medidas saneadoras.

Em razão disso, os textos elencados tratam de matéria pertinente aos problemas ambientais. Abordam-se questões: a) avaliação de impactos ambientais relacionados à presença de usinas de álcool na região da Nova Alta Paulista, em especial o caso de Flórida Paulista; b) do projeto de implantação da Estação de Tratamento de Esgoto da Sabesp na sub-bacia do córrego Tocantins, em Adamantina; c) análise de resíduos sólidos da uma usina de triagem e compostagem de lixo domiciliar urbano em Adamantina, na área de aterro sanitário; d) por fim, a importância da FAI, que tem um curso de Engenharia Ambiental, para implementação de programas focados no ecodesenvolvimento regional.

Assim, espera-se que a publicação deste material contribua para socializar os conhecimentos e ampliar a consciência cidadã em relação aos desafios do desenvolvimento econômico e social sustentável em nossa região.

**Editor**

## Introdução

# A FAI: vocação para o Ecodesenvolvimento Regional

## *FAI: vocation for regional ecodevelopment*

**Rogério Menezes de Mello**

Mestre em Oceanografia Biologia pela Universidade do Rio Grande e docente na FAI

**Rogério Buchala**

Docente na FAI

Os impactos ambientais se confundem com a própria existência humana. Iniciaram-se com o domínio do fogo no período paleolítico, cresceram na “revolução neolítica” marcada pela transição para a atividade agrícola e uma maior fixação no território, mas multiplicaram-se mesmo em tempos muito recentes, no período pós-revolução industrial, associados à explosão populacional e ao uso intensivo de combustíveis fósseis e de recursos naturais na era atual do consumo e do lixo.

Somos hoje 6,4 bilhões de habitantes no planeta Terra. Desde 1830, a população aumentou mais de seis vezes. A preocupação com os impactos ambientais hoje é, sem exagero algum, a preocupação com a sobrevivência humana e de suas atividades econômicas, dependentes da exploração de um capital natural cada vez mais escasso.

A Avaliação de Impactos Ambientais é um instrumento constitucional e da Política Nacional de Meio Ambiente – Lei 6938/1981- já regulamentado por normas como as resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA 001/1986 e CONAMA 237/1997.

As Faculdades Adamantinenses Integradas têm demonstrado preocupação em contribuir com o processo de amadurecimento, em curso, da aplicação deste instrumento de política pública, bem como e de forma mais ampla, para a formação de recursos humanos na área ambiental.

Com essa visão de futuro, iniciou-se, em 2003, o curso de Graduação em Engenharia Ambiental, autorizado pela CEE/GP 69 de 27/02/2002 do Conselho Estadual de Educação. De 2003 a 2005 foram realizadas a 1ª, 2ª e 3ª edições do **ECOREGIONAL - Encontro de Ecodesenvolvimento Regional**, ciclo de palestras de periodicidade anual do curso de graduação em Engenharia Ambiental. Em 2004 ofereceu-se pela primeira vez, o curso de **Especialização em Identificação de Agentes Poluidores e Avaliação de Impactos Ambientais**, que resultou em alguns dos trabalhos publicados nesta oportunidade. Destaca-se ainda a parceria do CEPEA (Centro de Pesquisas Econômicas Avançadas) com o Depto. de Engenharia Ambiental que juntos viabilizaram o curso de especialização e assessorias na área ambiental à prefeituras e entidades não governamentais. A Edição desta revista é a consequência destes esforços. Cabe-nos aqui, como editores, agradecer o estímulo e a visão de futuro da Direção da FAI.

Os trabalhos aqui publicados demonstram a atuação dos docentes da FAI, em parceria com pesquisadores de outras instituições de ensino, como a Unesp de Presidente Prudente, a Unesp de Botucatu e a PUC de Campinas. Os temas são diversificados com ênfase à Avaliação de Impactos Ambientais dos mais variados empreendimentos locais e regionais, como usina de álcool, estação de tratamento de esgotos domésticos, usina hidrelétrica, usina de triagem e compostagem de lixo e, os demais artigos, contribuem com abordagens, as mais atuais, como a análise de metais pesados, a descrição das formas da natureza através da geometria fractal, a avaliação da viabilidade econômica da usina de lixo local e aspectos técnicos ligados ao plantio direto.

Uma postura ambiental que transpasse a estrutura disciplinar e as divisões administrativas precisa ser implantada na FAI junto aos diversos setores do conhecimento. A FAI pode e deve assumir o papel de Agência para Desenvolvimento Regional Sustentável. Numa perspectiva e atitude de mudanças e de difusão de conceitos, o meio ambiente passa a ser o alicerce da vida e das atividades sócio-econômicas, algo muito além de apenas um depósito de matérias-primas.

Assim, poderemos até pensar em um futuro para a nossa sociedade industrial, ou o que restar dela, na sua transformação na direção da sociedade ecológica.

**Rogério Menezes**  
**Rogério Buchala**



Artigo

# Avaliação de Impactos Ambientais: uma introdução aos métodos

*The evaluation of enviromental impacts: an  
introduction to the methods*

**Jodir Pereira da Silva**

Doutor em Oceanografia Biologia pela Universidade de São Paulo e docente na FAI

**Rogério Menezes de Mello**

Mestre em Oceanografia Biologia pela Universidade do Rio Grande e docente na FAI

**Rogério Buchala**

Docente na FAI

## Resumo

Desde os anos 60, assistimos a institucionalização de medidas governamentais voltadas à preservação ambiental. Foi a partir da década de 80 que medidas realmente sólidas tomaram formas de instrumentos para a gestão ambiental, como a Lei 6.938/81, que prevê a Avaliação de Impactos Ambientais – AIA entre outros.

Com a Constituição Federal de 1988 é que as exigências desses estudos e avaliações tiveram sua obrigatoriedade promulgada pela primeira vez numa constituição federal.

Desenvolveu-se métodos diferenciados e complexos para essas análises e estudos, sempre com o intuito de favorecer a tomada de decisão relacionadas aos novos empreendimentos.

## Abstract

Since the decade of 60, we attended the first steps for institutionalization of returned government measures the environmental preservation, so it was starting from the eighties that really measured solid they took forms of instruments of environmental adiministration. The law 6.938/81 that foresees the Evaluation of Environmental Impacts – AIA, was pioneer, among other evaluation instruments as EIA, Study of Environmental Impact or RIMA – Environmental Impact Report.

The federal constitution of 1988 it's a mark in to the history for being the first in the world to force the Public Power to demand referring previous studies to probable environmental impacts that can cause

new enterprises.

They were developed new methods, differentiated and complex, so that they could foresee and prevent it, in way more effective, future coming environmental impacts of the economic activities of every order. All the methods of environmental evaluation have as objective the information in advance the population on the impacts caused to the environmental of all and any economic activity developed in national soil so that they can ponder the cost benefit of those enterprises and measures that it comes to mitigate or to prevent future problems to the next generations.

### **Palavras-chave**

Meio ambiente – desenvolvimento – métodos – padrão

### **Key words**

Environment, Development, methods, patterns

Desde a década de 60 vem se consolidando no Brasil o conceito de Impactos Ambientais e a necessidade de instrumentos de gestão ambiental e da gestão institucional de planos, programas e projetos, em nível federal, estadual e municipal, voltados ao desenvolvimento sócio-econômico-ambiental sustentável, com preservação ambiental.

Com base em tais interesses, instituiu-se, de acordo com a Lei 6.938/81, a Política Nacional do Meio Ambiente, que tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios (IBAMA, 1995):

- I - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;
- II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;
- III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;
- IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;
- V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- VI - incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;
- VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental;
- VIII - recuperação de áreas degradadas;
- IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação;
- X - educação ambiental a todos os níveis de ensino, incluindo a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

Para esse fim, a Lei 6.938/81 prevê a Avaliação de Impacto Ambiental-AIA e uma série de outros instrumentos complementares e inter-relacionados, como, por exemplo (IBAMA, 1995):

- o licenciamento e a revisão de atividades efetivas ou potencialmente poluidoras, que exige a elabora

ção de EIA/RIMA e/ou de outros documentos técnicos, que constituem instrumentos para a implementação da AIA;

- o zoneamento ambiental, com o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, bem como a criação de unidades de conservação, que requerem e orientam a elaboração de estudos de impacto ambiental e de outros documentos técnicos necessários ao licenciamento ambiental;
- os Cadastros Técnicos, os Relatórios de Qualidade Ambiental, as penalidades disciplinares ou compensatórias, os incentivos à produção, instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental, que facilitam ou condicionam a condução do processo de AIA em suas diferentes fases.

Segundo o IBAMA (1995), o Estudo de Impacto Ambiental teria sido introduzido no sistema normativo brasileiro, via Lei 6.803/80, no seu artigo 10, § 3º, tornando obrigatória a apresentação de “estudos especiais de alternativas e de avaliações de impacto”, particularmente para a localização de pólos petroquímicos, cloroquímicos, carboquímicos e instalações nucleares. Mais tarde, porém, a Resolução CONAMA 001/86 viria a estabelecer a exigência de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e correspondente Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de diversos empreendimentos modificadores do meio ambiente, assim como as diretrizes e atividades técnicas para sua execução. Ainda de acordo com essa Resolução, o EIA/RIMA deve ser realizado por equipe multi e preferencialmente interdisciplinar habilitada, não dependente direta ou indiretamente do proponente do projeto, sendo tecnicamente responsável pelos respectivos resultados apresentados (art. 7º). Os custos referentes à realização do EIA/RIMA devem correr à conta do proponente do empreendimento (art. 8º). O artigo 2º define que o EIA/RIMA deve ser submetido à aprovação do órgão estadual competente e, em caráter supletivo, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), cabendo a este também, a aprovação do EIA/RIMA para o licenciamento das referidas atividades propostas que, por lei, seja de competência federal.

Os artigos 10 e 11 do referido documento estabelecem ainda os procedimentos para manifestação de maneira conclusiva do órgão estadual competente ou do IBAMA ou mesmo do município, sobre o EIA-RIMA apresentado. Quando oportuno esses órgãos realizarão Audiência Pública para informar ao público envolvido e diretamente interessado sobre o projeto e seus impactos ambientais, bem como discutir o RIMA (IBAMA, 1995).

Finalmente a Constituição Federal de 1988, fixou, por meio de seu artigo 225, inciso IV, a obrigatoriedade do Poder Público em exigir o Estudo Prévio de Impacto Ambiental para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, destacando-se como a primeira Carta Magna do planeta a inscrever a obrigatoriedade do estudo de impacto no âmbito constitucional (IBAMA, 1995).

Contudo, para o desenvolvimento de uma avaliação de impacto ambiental eficiente, faz-se necessária a aplicação de métodos que fossem adequados para o processo de tomada de decisão, e que consistam em um meio facilitador para o entendimento e comunicação fora do âmbito estritamente técnico, viabilizando a participação do público interessado durante as audiências públicas. Segundo MUNN, (apud. BRAGA *et al.*, 2003) um método deve possuir como atributo desejável a capacidade de atender às seguintes funções na avaliação de impactos:

- Identificação;
- Predição;
- Interpretação;
- Comunicação; e
- Monitoramento.

Entretanto, embora existam vários métodos para a avaliação de impacto ambiental, segundo BRAGA

*et al.* (2003), inexistem métodos que possibilitem a análise completa de projetos ou sistemas ambientais ou ainda que viabilizem sua adequação como suporte no processo de apreciação pelos técnicos e público.

A avaliação de impacto deve minimamente conter:

1. Diagnósticos ambientais da área de influência do projeto;
2. Identificação dos impactos;
3. Previsão e medição dos impactos;
4. Definição das medidas mitigadoras;
5. Elaboração do programa de monitoramento;
6. Comunicação dos resultados.

Por fim, em linhas gerais, considera-se ainda a importância que o método possui na caracterização da relevância e magnitude dos impactos. Diante de tais exigências, faz-se necessário que a equipe multi e interdisciplinar que pretenda elaborar Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e Relatórios de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA) entendam perfeitamente a aplicação dos diferentes métodos utilizados, suas vantagens e desvantagens considerando cada tipo de empreendimento a ser avaliado.

## **Objetivos**

Este artigo visa introduzir o assunto da Avaliação de Impacto Ambiental, tema proposto para esta edição da Revista OMNIA das Faculdades Adamantinenses Integradas, e contribuir para elucidar a utilização dos diferentes métodos de avaliação mais recentemente aplicados numa linguagem acessível aos diversos profissionais que possam atuar na elaboração de EIA/RIMA.

## **Principais métodos em estudos e avaliações de impacto ambiental**

Os métodos utilizados em estudos e avaliações de impacto ambiental variam bastante em complexidade e estrutura, mas todos eles têm um ponto em comum: o objetivo de tornar mais claras as diferentes opções disponíveis e favorecer a tomada de decisões relacionada à implantação dos empreendimentos, com atividades potencialmente modificadoras do meio ambiente, durante o processo de licenciamento. Cabe lembrar que pela resolução do CONAMA 01 (1986) são 17 as categorias de empreendimentos, que dependem de EIA/RIMA, apresentadas em BRAGA *et al.* (2003) e listadas abaixo:

- I. Estradas de rodagem com 2 (duas) ou mais faixas de rolamento;
- II. Ferrovias;
- III. Portos e terminais de minério, petróleo e produtos químicos;
- IV. Aeroportos;
- V. Oleodutos, gasodutos, minerodutos, troncos coletores e emissários de esgotos sanitários;
- VI. Linhas de transmissão de energia elétrica acima de 230kW;
- VII. Obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como barragem para quaisquer fins hidrelétricos acima de 10MW, obras de saneamento ou de irrigação, abertura de canais de navegação, drenagem e irrigação, retificação de cursos d'água, abertura de barras e embocaduras, transposição

de bacias, diques;

VIII. Extração de combustíveis fósseis (petróleo, xisto, carvão);

IX. Extração de minérios;

X. Aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos;

XI. Usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, com potência instalada acima de 10MW;

XII. Complexos e unidades industriais e agroindustriais (petro-químicos, siderúrgicos, químicos, destilarias de álcool, hulha, extração e cultivo de recursos hidróbios);

XIII. Distritos industriais e Zonas Estritamente Industriais (ZEI);

XIV. Exploração econômica de madeira ou de lenha, em área acima de 100ha ou menores, quando atingir áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental;

XV. Projetos urbanísticos, acima de 100ha ou em áreas consideradas de relevante interesse ambiental a critério da SMA e dos órgãos municipais e estaduais competentes;

XVI. Qualquer atividade que utilizar carvão vegetal, derivados ou produtos similares, em quantidade superior a dez toneladas por dia; e

XVII. Projetos agropecuários que contemplem áreas acima de 1000ha ou menores, neste caso quando se tratar de áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental, inclusive nas áreas de proteção ambiental.

Os métodos utilizados objetivam dar uma visão global de cada empreendimento e das possibilidades de escolha na tomada de decisões. Dentre os métodos destacam-se:

### **Método 'Ad Hoc'**

Consiste na promoção de reuniões com especialistas, inclusive técnicos e cientistas com atuação em áreas de interesse e conhecimentos práticos e teóricos sobre o empreendimento alvo, além da obtenção de informações através de questionários previamente respondidos por pessoas envolvidas, objetivando-se promover visão integrada das questões ambientais relacionadas e a obtenção rápida de informações sobre impactos prováveis para possibilitar o cotejo e classificação das alternativas, assegurando, desse modo, que os fatores ambientais relevantes não sejam omitidos do EIA.

### **Listagem de Controle**

As listagens de controle são obtidas a partir dos estudos do método supracitado, contendo os elementos ambientais potencialmente afetáveis pela atividade proposta. Permite identificar as principais conseqüências de uma ação ou conjunto de ações, hierarquizando-as. Tem aplicação simples, sendo pouco exigente quanto à obtenção de dados, além de atualmente tais listas serem disponibilizadas em bibliografias especializadas para uso em empreendimentos-padrão, embora não permitam projeções e previsões ou ainda identificar impactos de segunda ordem. Dentre as listagens de controle, descrevemos a seguir as listagens descritivas e as listagens em questionário, mais freqüentes em estudos ambientais e de aplicação mais direta.

#### **Listagens descritivas**

Têm perfil meramente descritivo e orientam a elaboração das avaliações de impacto ambiental, relacionando ações, elementos ambientais e suas características mais sujeitas à alterações.

A listagem descritiva a seguir, presente no trabalho de SILVEIRA & MOREIRA (apud. BRAGA *et al.*, 2003), dispõe na coluna esquerda ações previstas com a implantação do aproveitamento hídrico em uma bacia hidrográfica tropical e na coluna direita as características e condições ambientais que podem sofrer modificações nas fases de construção e operação do empreendimento.

| AÇÕES  |   |
|--|---|
| Revestimento dos canais                                  | Lagoa de irrigação                                    |
| Canais para irrigação                                    | Piers, molhas, marinas e desembocadouros              |
| Barragem dos reservatórios                               | Dinamitação e sondagem                                |
| Reservatórios  | Cortes e aterros                                      |
| Barragem de irrigação                                    | Túneis e estruturas subterrâneas                      |
| EXTRAÇÃO DE RECURSOS                                     |   |
| Eletrificacão  | Sondagem de poços e remoção de fluidos                |
| Escavação superficial                                    | Exploração da floresta                                |
| Poço de argila para barragens                            | Pesca de subsistência                                 |
| Arenito e calcário para barragens                        |   |
| PROCESSAMENTO  |   |
| Lavoura – área tradicional                               | Pastagens – marinha d'água                            |
| Lavoura – colonização tradicional                        | Agroindústria   |
| Lavoura – irrigação da área tradicional                  | Aqüicultura   |
| Lavoura – irrigação de uma colheita                      | Processamento da madeira                              |
| Lavoura – irrigação de duas plantações                   | Indústria madeireira                                  |
| Lavoura – marinha d'água (zona submersa)                 | Artefatos   |
| Pastagens – terrenos elevados                            |   |
| ALTERAÇÃO DO SOLO  |   |
| Remoção da floresta junto à linha d'água                 | Consolidação do solo e nível para irrigação           |
| Terras secas – expansão da agricultura tradicional       | Controle da erosão                                    |
|  | Paisagismo  |
| RENOVAÇÃO DE RECURSOS                                    |   |
| Planejamento dos usos do solo e da água                  | - Estoque de peixes e manejo de pesca                 |
| manejo   | Recarga do lençol freático                            |
| Reflorestamento e manejo florestal                       | Aplicação de fertilizante                             |
| Estoque de animais selvagens e manejo                    | Reciclagem dos despejos                               |
| CARACTERÍSTICAS E CONDIÇÕES AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICAS |   |
| Erosão   | Compactação e assentamento                            |
| Deposição (sedimentação e precipitação)                  | Estabilidade (deslizamentos, quedas)                  |
| Solução  | Pressões (terremotos)                                 |
| Absorção (troca iônica, complexos)                       | Correntes de ar                                       |
| CONDIÇÕES BIOLÓGICAS                                     |   |
| <b>1. FLORA</b>  | <b>2. FAUNA</b>                                       |
| Árvores  | Aves terrestres                                       |
| Arbustos   | Aves aquáticas  |
| Capim  | Animais terrestres, inclusive répteis, anfíbios, etc. |
| Cultura  | Zooplâncton   |
| Microflora terrestre                                     | Bentos  |
| Fitoplâncton   | Peixes e crustáceos                                   |
| Plantas aquáticas  | Insetos   |
| Espécies raras   | Microfauna  |
| Espécies ameaçadas                                       | Espécies ameaçadas                                    |
| Barreiras  | Espécies raras  |
| Corredores   | Barreiras   |
|  | Corredores  |
| FATORES CULTURAIS  |   |
| <b>USOS DO SOLO</b>                                      | Pastagem  |
| Hábitat de animais selvagens                             | Preparação do terreno                                 |
| Reservas decimais  | Agricultura na marinha d'água                         |
| Áreas alagadas   | Agricultura de irrigação                              |
| Florestas  | Agricultura de colonização                            |
| Cerrado  | Agricultura tradicional                               |
| Reservas florestais                                      |   |

A listagem descritiva a seguir, também presente no trabalho de SILVEIRA & MOREIRA (apud. BRAGA *et al.*, 2003), evidencia uma outra forma de apresentar as listagens de controle, desenvolvida a partir da lista anterior, diferindo por ordenar as diferentes alternativas item a item, permitindo a tomada de decisão quanto à opção do método e facilitando a detecção visual de elementos que carecem de propostas compensatórias e/ou mitigatórias.

| DADOS NECESSÁRIOS               | ORDENAMENTO DAS ALTERNATIVAS |           |            |             |            |
|---------------------------------|------------------------------|-----------|------------|-------------|------------|
|                                 | Nenhuma ação                 | Projeto I | Projeto II | Projeto III | Projeto IV |
| <b>QUALIDADE DA ÁGUA</b>        |                              |           |            |             |            |
| Alcalinidade- pH                | 5                            | 2         | 3          | 4           | 1          |
| Ferro - manganês                | 5                            | 2         | 3          | 4           | 1          |
| Dureza total                    | 2                            | 5         | 3          | 4           | 1          |
| <b>ECOLOGIA</b>                 |                              |           |            |             |            |
| Aquática                        | 5                            | 2         | 3          | 4           | 1          |
| Terrestre                       | 4                            | 5         | 2          | 3           | 1          |
| <b>ESTÉTICA</b>                 |                              |           |            |             |            |
| Biota terrestre                 | 4                            | 5         | 2          | 3           | 1          |
| Biota aquática                  | 5                            | 4         | 2          | 3           | 1          |
| Estruturas feitas pelo homem    | 1                            | 5         | 4          | 3           | 2          |
| <b>ECONOMIA</b>                 |                              |           |            |             |            |
| Mescla de atividades econômicas | 5                            | 1         | 3          | 4           | 2          |
| Formação do capital             | 5                            | 1         | 2          | 3           | 4          |
| Rendas - emprego                | 5                            | 1         | 3          | 4           | 2          |
| Valor das propriedades          | 5                            | 4         | 2          | 3           | 1          |
| <b>SOCIAL</b>                   |                              |           |            |             |            |
| Serviços individuais            | 5                            | 4         | 2          | 3           | 1          |
| Serviços comunitários           | 1                            | 3         | 4          | 5           | 2          |
| <b>CUSTO PÚBLICO</b>            |                              |           |            |             |            |
| Construção                      | 1                            | 4         | 3          | 2           | 5          |
| Operação e manutenção           | 1                            | 5         | 4          | 3           | 2          |

Para um melhor entendimento deste método esclarece-se que quanto à qualidade da água, em particular no quesito alcalinidade (pH), da melhor opção (1) para a pior opção (5), temos: Projeto IV (1), Projeto I (2), Projeto II (3), Projeto III (4) e Nenhuma ação (5). De todas as opções, nota-se a escolha preferencial pelo Projeto IV, embora ele mereça atenção na elaboração de propostas compensatórias e/ou mitigatórias, sobretudo quando se consideram os itens formação do capital (economia) e construção (custo público).

### Listagens em questionário

Visando a corrigir a visão compartimentalizada dos impactos presentes nas listagens anteriores, que não contemplam suas interdependências, estas visam elaborar várias perguntas, subdivididas em categorias genéricas e junto às quais constam as instruções de preenchimento e de classificação dos impactos resultantes das ações nele contidas.

A listagem em questionário a seguir é parte de uma listagem de controle para países em desenvolvimento presente no trabalho de SILVEIRA & MOREIRA (apud BRAGA *et al.*, 2003).

| ECOSSISTEMAS TERRESTRES   |         |         |              |
|---|---------|---------|--------------|
| <b>a) Qualquer dos ecossistemas listados a seguir pode ser classificado como significativo ou único pela natureza de seu tamanho, abundância ou tipo?</b> |         |         |              |
| • Floresta  | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| • Savana  | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| • Campo   | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| • Deserto   | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| <b>b) Estão esses ecossistemas:</b>   |         |         |              |
| • Integrados moderadamente?   | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| • Integrados?   | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| • Gravemente integrados?  | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| <b>c) Observa-se a tendência de alteração desses ecossistemas por corte, queimada, etc. para uso agrícola, industrial ou urbano?</b>                      |         |         |              |
|   | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| <b>d) A população local usa esses ecossistemas para a extração de:</b>  |         |         |              |
| • Plantas comestíveis?  | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| • Plantas medicinais?   | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| • Madeira?  | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| • Fibra?  | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| • Pele?   | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| • Animais comestíveis?  | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| <b>e) O projeto vai provocar nesses ecossistemas limpeza ou alteração de:</b>   |         |         |              |
| • Áreas médias?   | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| • Áreas externas?   | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| <b>f) O projeto depende desses ecossistemas para a extração de matérias -primas (madeira, fibras)?</b>  |         |         |              |
|   | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| <b>g) O projeto prevê a redução do uso desses produtos dos ecossistemas ou sua substituição por outros materiais?</b>                                     |         |         |              |
|   | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |
| <b>h) O projeto causará aumento no crescimento da população da área, provocando tensões sobre esses ecossistemas?</b>                                     |         |         |              |
|   | Sim ___ | Não ___ | Desconhecido |

## Matriz de Impactos Ambientais: a Matriz de Leopold

Segundo Leopold (apud TOMMASI *et al.*, 1994), os impactos ambientais apresentam dois atributos principais: a magnitude e a importância. Onde a magnitude é considerada como o valor atribuído a um impacto, em termos absolutos, em escala espacial e temporal, enquanto a importância é a intensidade do efeito que está relacionado a um fator ambiental, a outros impactos ou a outras características, tais como:

Direto/indireto;

Local/regional;

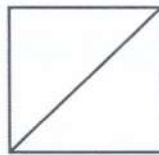
Imediato/a longo prazo;

Temporário/permanente;

Reversível/irreversível.

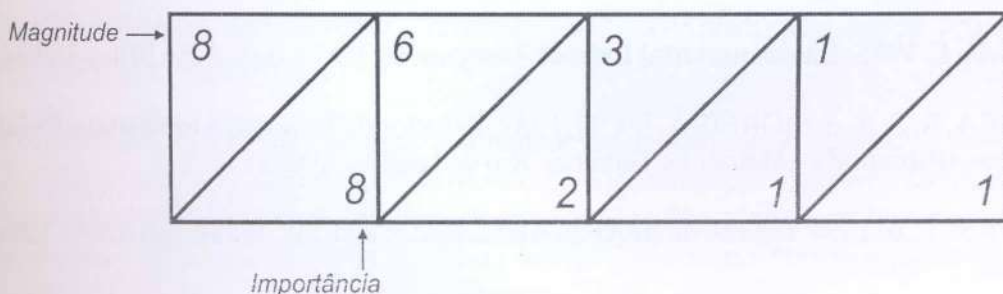
Consideraríamos, então, um impacto como adverso ou negativo quando este resulta em prejuízo da qualidade de uma determinada variável ambiental e um impacto como benéfico ou positivo quando resultar numa melhoria da qualidade da referida variável. A matriz original de Leopold sugere a relação entre 100 tipos de ações diversas com 88 características ambientais distintas, resultando em 8800 possíveis interações (TOMMASI, 1994). Entretanto, o número pode ser elevado ou reduzido, dependendo da relevância de análise das ações e/ou das características ambientais consideradas. O roteiro de uso descrito por Tommasi (1994) encontra-se a seguir enumerado:

1. Identificar as ações que serão desenvolvidas pelo projeto;
2. Identificar todas as características ambientais que poderão ser afetadas pelo projeto;
3. Marcar todos os quadrados correspondentes às interações efetivas para o projeto;
4. Dividir cada quadrado em que ocorra a interação em duas metades por um traço transversal.



5. Na metade superior esquerda, indicar a magnitude da ação e na metade inferior, a importância da ação, sendo para ambos um valor em escala de 1 a 10, onde, no caso do impacto ser positivo, acrescenta-se sinal + antes do valor numérico, e caso negativo, acrescenta-se - antes do valor numérico.

Por exemplo:





Supondo nesse caso haver apenas impactos positivos, poderíamos calcular a média geral da amplitude e da importância de uma dada ação (disposta horizontalmente na tabela) sobre todas as características ambientais consideradas (dispostas verticalmente na tabela), onde:

**Média da magnitude:**

$$[(8+6+3+1) \div 4] = 18 \div 4 = 3,5;$$

**Média da importância:**

$$[(8+2+1+1) \div 4] = 12 \div 4 = 3,0$$

Segundo Tommasi (1994), a próxima etapa recomendada por Leopold seria a descrição de cada interação considerada, discutindo-se a magnitude dos efeitos do impacto, sua justificativa e a importância deste. Lembramos que o mesmo estudo pode ser aplicado sobre uma única característica ambiental, considerando-se todas as ações sobre tal característica, aplicando-se o mesmo cálculo, entretanto, em vez de se somarem as células de uma mesma linha, seriam somadas as células da mesma coluna.

### Conclusão

Os métodos de estudos aplicados à Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) aqui listados representam apenas uma pequena fração de todas as metodologias desenvolvidas até o momento, lembrando-se que o desenvolvimento de tais métodos é ainda incipiente, e que novas metodologias serão propostas a cada dia, inclusive com vistas ao dimensionamento dos efeitos dos referidos empreendimentos e seus respectivos impactos, muitos deles com uso de softwares especialmente desenvolvidos para esse fim. Dentre os métodos não abordados aqui, encontram-se as redes de interação, a superposição de cartas, modelos e sistemas como os desenvolvidos pelo Battelle Columbus Laboratory (EUA) (TOMMASI, 1994; BRAGA *et al.*, 2003) e a análise multicriterial assistida por software especialmente desenvolvido como o de Lucena (1999).

Todos os métodos apresentam as vantagens e desvantagens da sua utilização nos processos de esclarecimento da comunidade e tomada de decisão; procuramos ilustrar aqueles mais facilmente aplicáveis aos 17 diferentes tipos de empreendimentos listados como atividades que dependem de EIA/RIMA para licenciamento.

### Referências

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. 2003. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Prentice Hall. São Paulo. 305p.

IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). 1995. **Avaliação de Impacto Ambiental: Agentes Sociais, Procedimentos e Ferramentas**. IBAMA. 136p.

LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. S.; HANSHAW, B. B.; BASLEY, JR. 1971. **A procedure for evaluating environmental impact**. U. S. Geol. Surv. Circ. (645) U. S. G. S. Washington, D. C. 13p.

LUCENA, L. F. L. 1999. **Uma Análise Sistêmica do Serviço de Transporte Intermunicipal de Passageiros**. Dissertação de Mestrado. CCT/UFPB-Campus II, Campina Grande.

MUNN, R. E. 1975. **Environmental Impact Assessment**. Nova York. John Wiley and Sons.

SILVEIRA, R. S. A. & MOREIRA, I. V. D. 1987. **Estudos de Impacto Ambiental e Relatório de Impactos Ambientais – Métodos e Técnicas**. Rio de Janeiro, ABES.

TOMMASI, L. R. 1994. **Estudo de Impacto Ambiental**. CETESB: Terragraph Artes e Informática. São Paulo. 354p.

# **Avaliação de impactos ambientais da implantação simulada de uma usina de álcool em Flórida Paulista/SP**

*Evaluation of environmental impacts through the simulated implantation of an alcohol factory in Flórida Paulista/SP*

**Alberto Takeshi Nishida - Antonio Márcio Aléssio**

**Lucimara Toso - Luis Carlos Persin - Luiz Augusto Favarin**

Descendentes de Pós Graduação "Latus Sensu" na FAI - Identificação de Agentes Pouidores Avaliação de Impactos Ambientais

**Rogério Menezes de Mello**

Mestre em Oceanografia Biologia pela Universidade do Rio Grande e docente na FAI

**Jodir Pereira da Silva**

Doutor em Oceanografia Biologia pela Universidade de São Paulo e docente na FAI

**Rogério Buchala**

Docente na FAI

**Luiz Roberto Almeida Gabriel**

Livre Docente em Matemática - Docente do Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura da UNESP - Botucatu

## **Resumo**

O trabalho teve como objetivo elaborar um estudo sobre o processo produtivo e os impactos ambientais de uma destilaria de álcool.

Baseou-se na implantação de uma destilaria com capacidade para produzir 50.000 (cinquenta mil) litros de álcool por dia, totalizando 10.000.000 (dez milhões) de litros de álcool por safra, que corresponde a 200 (duzentos) dias úteis, utilizando uma área de plantio de cana-de-açúcar, de até 1.700 (mil e setecentos) hectares.

O estudo de impactos ambientais abrangeu as atividades agrícolas (uso de defensivos, fertilizantes, correção e preparo do solo, etc) e industriais (resíduos sólidos, líquidos e gasosos, sua destinação e seus efeitos ambientais) na área de influência do empreendimento, considerando as características sócio-econômicas da região, da fauna, da flora e as APP's (Áreas de Preservação Permanente) e

prováveis alterações, buscando-se, enfim, a identificação de todos os possíveis impactos.

Conclui-se com as recomendações quanto às medidas mitigadoras para estes impactos a fim de que a indústria utilize os recursos ambientais de forma sustentável.

### **Palavras-chave**

Impactos ambientais, usina de álcool, cana-de-açúcar, manejo do solo.

### **Abstract**

The present work had as objective elaborates a study on the productive process and the environmental impacts of a distillery of alcohol.

It was based on the implantation of a distillery with capacity to produce 50.000 (fifty thousand) liters of alcohol a day, totaling 10.000.000 (ten million) of liters of alcohol for harvest, that corresponds 200 (two hundred) useful days, using an area of sugar-cane planting, of up to 1.700 (thousand and seven hundred) ha.

The study of environmental impacts analyzed agricultural area (use of defensive, fertilizers, correction and preparation of the soil, etc), the industrial area (solids, liquids and gaseous residues, their destination, as well as, environmental effects), the area of influence of the enterprise, considering the socio-economic characteristics, besides study of the fauna and of the flora, considering APP's (Areas of Permanent Preservation), and probably alterations, looking for, finally, to identify the possible impacts. Concluding the work, they were made recommendations as for the reliever measures for the possible impacts so that the industry uses all of the environmental resources in a maintainable way.

### **Key words**

Environmental impacts, plant of alcohol, sugar-cane, handling of the soil.

### **Introdução**

O Brasil, com uma área canavieira de 5 milhões de hectares, caracteriza-se como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, perfazendo 30% do mercado internacional de açúcar e gerando 50% do álcool produzido no mundo. Essa cultura tem importância estratégica para o país. No campo ambiental, reduz o consumo de petróleo e o efeito estufa. Gera 1,15 milhões de empregos diretos e indiretos e 600 mil postos de trabalho no estado de São Paulo, representando 8% do PIB agrícola nacional e 35% do PIB agrícola paulista. O agronegócio da cana movimenta 12 bilhões de reais por ano (SILVA, 2001).

No momento, a produção de álcool está aquecida pela expectativa de uma demanda potencial da ordem de bilhões de litros a serem exportados para os Estados Unidos e o Japão. Outro aspecto é o potencial de geração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar, que equivale à metade da energia gerada pela hidroelétrica de Itaipu (SILVA, 2001).

O álcool tem aplicação crescente como aditivo à gasolina e, seu mercado potencial destaca-se pelas grandes incertezas futuras com relação às reservas e preços do petróleo e em função das demandas

ambientais. Seja como for, o Brasil é o país com maior vantagem competitiva neste produto. Os EUA vêm desenvolvendo tecnologia de produção de etanol a partir de milho, mas com eficiência aquém da desejada se comparada com a cana (WAACK & NEVES, 1998).

Diante do contexto mundial da busca de combustíveis alternativos e considerando a implementação do MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo- a produção do álcool a partir da cana-de-açúcar mostra-se uma atividade com grande perspectiva futura, face a aceitação no mercado mundial. No Brasil o programa de incentivo à produção de biodiesel se constitui em mais um fator que aponta para o aumento progressivo da demanda.

Neste cenário, torna-se imprescindível a permanente reflexão sobre os impactos ambientais associados a este segmento agroindustrial, as metodologias de avaliação e as possibilidades para mitigá-los.

### Descrição e localização do empreendimento

Este estudo avalia a implantação simulada de uma destiladora de álcool na Fazenda São João (UTM: 22K 480030 - 7618982), Bairro Quebra-Coco, município de Flórida Paulista – SP.

A tabela 1 resume as características do empreendimento e a tabela 2 descreve as estruturas que compõem a planta industrial e suas respectivas funções.

A sede do município de Flórida Paulista se localiza na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do rio do Peixe (UGRHI-21), mas o empreendimento estaria localizado na bacia do Aguapeí (UGRHI-20) (**Figura 1**).



**Figura 1: Localização da UGRHI-20 no Estado de São Paulo.**  
 Fonte: CBH-AP- Consórcio do Rio do Peixe; Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias Aguapeí/Peixe, 1997.

A UGRHI-20 engloba 32 municípios (Arco Íris, Álvaro de Carvalho, Clementina, Dracena, Gabriel Monteiro, Garça, Getulina, Guaimbê, Herculândia, Iacri, Julio Mesquita, Lucélia, Luisiania, Monte Castelo, Nova Guataporanga, Nova Independência, Pacaembu, Panorama, Parapuã, Paulicéia, Piacatu, Pompéia, Queiroz, Quintana, Rinópolis, Salmourão, Santa Mercedes, Santópolis do Aguapeí, São João do Pau D'Alho, Tupã, Tupi Paulista e Vera Cruz).

A bacia hidrográfica do Aguapeí tem área de 12.011 km<sup>2</sup>, com uma população de 331.479 habitantes.

Limita-se ao norte com a Bacia do Baixo rio Tietê, a oeste com o estado do Mato Grosso do Sul, tendo como divisa o rio Paraná, a leste seu limite é a Serra dos Agudos e ao sul encontra-se a bacia do Rio do Peixe.

O rio Aguapeí ou Feio nasce a uma altitude de 600 metros, entre as cidades de Gália e Presidente Alves, e recebe o rio Tibiriçá, com nascentes a uma altitude de 480 metros, junto à cidade de Garça. O Aguapeí possui extensão aproximada de 420 km até sua foz no rio Paraná, a uma altitude de 260 metros, entre o Porto Labirinto e o Porto Independência. (Relatório Zero - CBH-AP, 1997). O principal curso de água próximo à Usina de Álcool seria o Córrego Mandaguari (Classe II), que deságua no ribeirão Santa Maria, afluente da margem esquerda do rio Aguapeí.

**Tabela 1:** As características do empreendimento

| Características   | Valores previstos |
|---|-------------------|
| <b>Moagem de cana (t/safra)</b>                         | 140.000           |
| Moagem diária (t/dia)                                   | 650               |
| Dias de safra   | 200               |
| Produção de álcool (litros/safra)                       | 10.000.000        |
| Área do o parque industrial (m <sup>2</sup> )           | 20.000            |
| Área industrial construída coberta (m <sup>2</sup> )    | 3.000             |
| Área industrial atividade ao ar livre (m <sup>2</sup> ) | 17.000            |
| Área cana (própria)- ha                                 | 240               |
| Área cana (fornecedores) (ha)                           | 960               |
| Área de cana (total) (ha)                               | 1.200             |
| Número de funcionários                                  | 250               |
| Período de funcionamento na safra                       | 24 horas/dia      |
| Período de funcionamento na entressafra                 | 8 horas/dia       |
| Período da safra  | Maio a Novembro   |

**Tabela 2:** As estruturas da destilaria e suas respectivas funções.

| ESTRUTURA                                    | FUNÇÃO   |
|--|--|
| Balança de pesagem de matéria-prima          | Controle de entrada.   |
| Depósito de cana-de-açúcar                   | Depósito de curto prazo.   |
| Moenda                                       | Picar e moer a cana, através de moendas a vapor, separando o caldo do bagaço.                                    |
| Tratamento do caldo                          | Aquecimento, decantação, filtração, calagem, evaporação (concentração do açúcar do caldo).                       |
| Caldeiras a vapor                            | Geração de vapor usado no acionamento das turbinas de preparo da cana e na moagem e na geração de energia.       |
| Laboratório de controle químico e bioquímico | Controle de produtos.  |
| Casa de força                                | Geração de energia elétrica através de turbinas a vapor e geradores e distribuição.                              |
| Estação de tratamento de água                | Tratamento da água para as caldeiras e para o processo de fermentação.   |
| Destilaria                                   | Destila o vinho, produto da fermentação do caldo.  |
| Caixas de decantação                         | Acumular as impurezas da água de lavagem da cana.  |
| Caixas de vinhaça                            | Acumular o efluente da destilação do álcool para posterior utilização na fertirrigação por canais e moto-bombas. |
| Tanques de álcool                            | Armazenamento do álcool  |
| Hilos mecânicos                              | Fermentação.   |
| Sprays                                       | Resfriamento das águas condensadas, dornas e colunas barométricas.   |

### Diagnóstico ambiental nas áreas de influência

Iniciou-se pelo reconhecimento dos contextos regional e local em que o empreendimento se insere, para que pudessem ser identificados os diferentes níveis de influência.

Ao nível mais abrangente, ou regional, tem-se a chamada Área de Influência Indireta (AII), que, considerando os aspectos físicos e bióticos, constitui-se na região do baixo Aguapeí (UGRHI 20), mas em

relação ao meio antrópico e aos aspectos socioeconômicos corresponde ao conjunto dos municípios limítrofes à cidade de Flórida Paulista (que se acha na UGRHI 20 e 21): Valparaíso e Lavínia (na UGRHI 21) ao norte, Adamantina e Mariápolis (na UGRHI 21) à leste, Presidente Prudente e Flora Rica (na UGRHI 21) ao sul e Pacaembu (UGRHI 20) à oeste, com área total de 700 km<sup>2</sup>.

A AII circunscreve uma Área de Influência Direta (AID), que é definida como aquela que sofre os efeitos diretos decorrentes da existência e da operação da destilaria, estimada em 380 km<sup>2</sup>.

Por último, a Área Diretamente Afetada pelo empreendimento (ADA) compreende os locais com intervenções diretas, onde efetivamente seriam executadas as obras de instalação da destilaria e os plantios de cana (**Tabela 3**).

**Tabela 3:** Comparativo da AII, AID e ADA do empreendimento.

| ÁREAS                                   | VALORES             |
|---|---------------------|
| 3.1 - Área de Influência Indireta - AII | 700 km <sup>2</sup> |
| 3.2 - Área de Influência Direta - AID   | 380 km <sup>2</sup> |
| 3.3- Área Diretamente Afetada - ADA     | 1736 ha             |
| 3.3.1 - Área industrial da Destilaria   | 36 ha               |
| 3.3.2 - Área da lavoura de cana         | 1700 ha             |

Na Área de Influência Direta não há APAs, ARIEs, Parques, Reservas Ecológicas, ou quaisquer outras unidades de preservação.

### a Bacia do Aguapeí

Na Tabela 4, as principais características da bacia do rio Aguapeí.

**Tabela 4:** Características da bacia do Aguapeí.

| Item                          | Características  |
|-------------------------------|--|
| <b>População</b>              | Urbana: 278.730<br>Rural: 52.749<br>Total: 331.479   |
| <b>Área de drenagem</b>       | 12.011 km <sup>2</sup>   |
| <b>Usos do solo</b>           | Atividades urbanas, industriais, agropecuárias, tendo como principais culturas o café, a soja, o milho, o trigo, o arroz, o amendoim e a cana-de-açúcar. |
| <b>Usos da água</b>           | Abastecimento público e industrial; Recepção de efluentes domésticos e industriais e Irrigação de plantações.  |
| <b>Atividades industriais</b> | Indústrias alimentícias, engenhos, usinas de álcool e curtumes.  |

Fonte: Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Aguapeí e Peixe- CBH-AP/ Consórcio do Rio do Peixe, 1997.

### Clima

Na área da bacia hidrográfica do baixo Aguapeí, na classificação de Köeppen, predomina o tipo climático Cwa (Quente Úmido com Inverno Seco), com verão quente e inverno não muito frio (Subtro-pical).

A temperatura média da região encontra-se acima de 22 °C, apresentando no inverno valores médios abaixo de 18°C e precipitação média mensal abaixo de 25 mm.

A área de influência direta do empreendimento apresenta precipitação anual próxima a 1.200 mm, sendo o mês mais chuvoso, janeiro, com precipitação média de 200 mm e o mais seco, julho, com

precipitação média de 25 mm.

Os ventos predominantes provêm da região sul do país, que está em zona de transição climática onde a circulação atmosférica é controlada pela dinâmica das massas tropicais, setentrionais e meridionais. As condições atmosféricas locais mais importantes para a dispersão dos poluentes são:

- Direção do vento predominante - Sudeste / Nordeste
- Vento secundário na safra (em junho) - Nordeste / Sudeste
- Velocidade média - 1,5 m/s

### **Recursos hídricos**

O Córrego Mandaguari nasce no município de Flórida Paulista, na Fazenda Três Unidos, desaguando no Ribeirão Santa Maria, que deságua no Aguapeí.

A água do Córrego Mandaguari apresenta boa qualidade já que não existem despejos de efluentes domésticos nem industriais.

A ocorrência das águas subterrâneas na UGRHI-20 é condicionada pela presença de três unidades aquíferas, a saber: Sistema Aquífero Bauru, Aquífero Serra Geral e Aquífero Botucatu. As unidades aquíferas aflorantes constituem grandes reservatórios naturais de água subterrânea e começaram a ser mais intensamente explorados nesta região para o suprimento de água em áreas urbanas e rurais a partir da década de 80.

### **Qualidade do ar**

Não há dados disponíveis sobre a qualidade do ar na região, pois a CETESB não possui rede de monitoramento no interior do Estado de São Paulo, concentrando suas avaliações nos grandes centros urbanos. No entanto, é comum a observação, nas épocas de queimada para a colheita da cana-de-açúcar, da fuligem nos imóveis, nas áreas urbanas.

### **Geologia**

A área situa-se dentro dos domínios dos sedimentos cretáceos do Grupo Bauru, em particular da Formação Adamantina (Ka). Esta formação abrange um conjunto de fácies cuja principal característica é a presença de bancos de arenito de granulação fina a muito fina, de cor rósea a castanho, com estratificação cruzada de espessura variando de 2 a 20 metros, alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanho avermelhado a cinza castanho, maciços ou com acamamento plano-paralelo grosseiro.

Nesta região, a formação Adamantina decorre de uma deposição cretácea em ambiente fluvial meandrante psamítico com transição para anastomosado. Os arenitos são de granulação fina predominantemente e apresentam certa variação na cimentação com conteúdos variáveis de carbonatos como cimentantes. Micas e feldspatos são comuns sem, no entanto chegarem a constituir arcósios ou arenitos arcósios. A destilaria estaria geomorfologicamente nos domínios do Planalto Centro Ocidental Paulista, especificamente na subdivisão Planalto Centro Ocidental, com colinas amplas e baixas, de declividade oscilando entre 5 e 20%, com formas de dissecação média a alta com vales entalhados e densidade de drenagem de média a alta. Estas áreas estão sujeitas à forte atividade erosiva.

São dominantes nestas áreas os Argissolos de textura média a arenoso-média ou médio-argilosa com menor participação dos Argissolos de textura arenoso-média. A erosão hídrica é causada por fatores

naturais como erosividade da chuva, erodibilidade do solo, topografia do terreno e por fatores antrópicos como uso e manejo do solo. No entorno da área de implantação e nas áreas de cultivo da cana os solos são, em geral, muito susceptíveis à erosão por tratar-se de argissolos derivados do arenito e com gradiente textural pronunciado (PV1, PV4) ou com mudança abrupta de textura (PV2, PV5). Nas áreas de menor declividade e ocorrência de solos com baixo gradiente textural (PV6, PV3) ou sem gradiente (Latossolos) a susceptibilidade à erosão é amenizada.

## Aspectos bióticos

### Flora e a fauna

As espécies vegetais identificadas na área do empreendimento encontram-se relacionadas na Tabela 5.

**Tabela 5:** Relação de espécies vegetais identificadas na área do empreendimento.

| Nome Comum       | Nome Científico                |
|------------------|--------------------------------|
| Alecrim          | <i>Holocalyx balansae</i>      |
| Angico Branco    | <i>Anadenanthera colubrina</i> |
| Angico da Mata   | <i>Parapiptadenia rigida</i>   |
| Canafístula      | <i>Peltophorum dubium</i>      |
| Canelão Amarelo  | <i>Ocotea velutina</i>         |
| Canelinha        | <i>Necandra megapotamica</i>   |
| Cedro            | <i>Cedrela fissilis</i>        |
| Embaúba          | <i>Cecropia sp</i>             |
| Espeteiro        | <i>Casearia gossypiosperma</i> |
| Espinheira Santa | <i>Maytenus ilicifolia</i>     |
| Figueira Branca  | <i>Ficus guaranitica</i>       |
| Guariroba        | <i>Syagrus oleracea</i>        |
| Ingá             | <i>Inga sp</i>                 |
| Ipê Felpudo      | <i>Zeyheria tuberculosa</i>    |
| Jerivá           | <i>Syagrus romanzoffiana</i>   |
| Leiteira         | <i>Peschiera fuchsiaefolia</i> |
| Macaúba          | <i>Acrocomia aculeata</i>      |
| Monjoleiro       | <i>Acacia polyphylla</i>       |
| Paineira         | <i>Chorisia speciosa</i>       |
| Pau d'Alho       | <i>Gallesia integrifolia</i>   |
| Pau de Espeto    | <i>Casearia gossypiosperma</i> |
| Pau de Viola     | <i>Cytharexylum myrianthum</i> |
| Peroba Rosa      | <i>Aspidosperma polyneuron</i> |
| Taiúva           | <i>Maclura tinctoria</i>       |
| Unha de Vaca     | <i>Bauhinia forficata</i>      |

As matas ciliares, na área de influência direta do empreendimento (AID), ocorrem esporadicamente e ainda em faixas mais estreitas que o exigido pelo código florestal, apresentando vegetação ciliar degradada composta por arbustos ou árvores de pequeno porte.

As APP's (Áreas de Preservação Permanentes), apesar de respeitadas, não se desenvolvendo atividades agrícolas, têm sido usadas para a pecuária bovina, fato que contribui para a degradação da vegetação, impossibilitando sua regeneração natural.

A fauna terrestre já foi abundante e variada, mas com a erradicação da vegetação para a implantação da agricultura, houve drástica redução da biodiversidade. As espécies que eram as mais encontradas na região: onça pintada (*Panthera onça*), lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), anta (*Tapirus terrestris*), tatu galinha (*Dasytus novemcinctus*), tatu peba (*Euphractus sexcinctus*), capivara (*Hydrochaeris hydrochaeris*), cutia (*Dasyprocta agouti*), etc.

Na fauna aquática, os peixes mais comuns são o pacu, pintado, dourado, tucunaré, carpas, cascudo, bagres, traíras, lambaris, mandi-guaçus, piaú e corimba.



## Uso e ocupação do solo

As atividades agropecuárias são a forma principal de uso e ocupação de solo. As principais culturas da região são: café, algodão, amendoim, banana, milho, cana-de-açúcar, cana forrageira, entre outras, além das pastagens. O mapa da Figura 2 ilustra as regiões canavieiras do Estado de São Paulo, demonstrando a existência na região de importantes áreas de cultivo.

## Aspectos sócio-econômicos

A população de Flórida Paulista tem aproximadamente 12.000 habitantes, a maior parte (80%) re-sidente em área urbana.

No local da implantação da destilaria, zona rural, bairro Quebra Coco, a população circunvizinha é estimada em 200 habitantes. Na cidade a SABESP opera o serviço de água e esgoto, com 90% do esgoto coletado e tratado. No local do empreendimento não há rede coletora de esgotos.

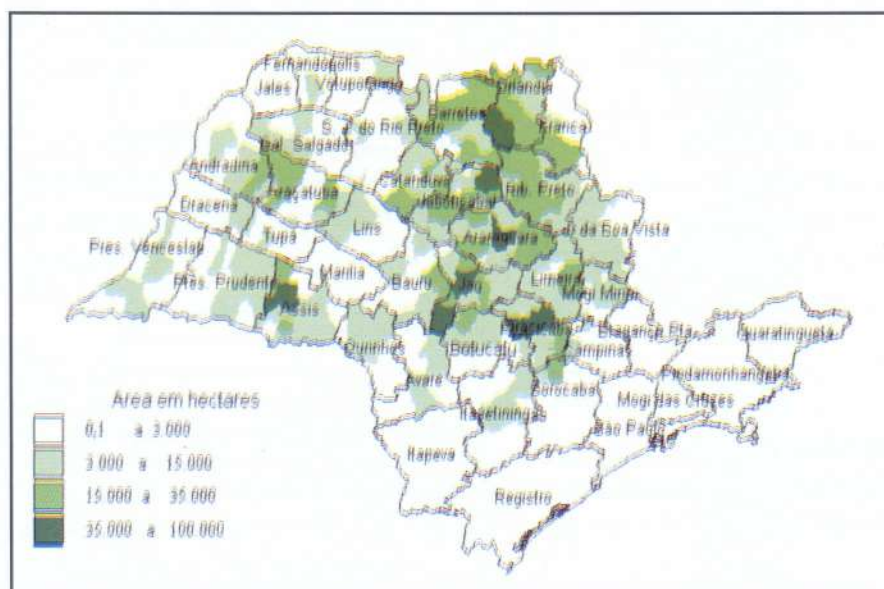


Figura 2: Mapa das regiões canavieiras do Estado de São Paulo.

Fonte: Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

## Aspectos legais

Na legislação municipal não há aspectos relevantes que venham a ser mais restritivos que as legislações estadual e federal. Apresenta-se, neste item, a síntese dos instrumentos legais aplicáveis:

- Lei Estadual 997 de 31/05/76 e Decreto 8.468 de 08/09/76: Estabelece padrões de emissão e lançamento, bem como proíbe o lançamento de poluentes no ar, água e solo, e estipula que (Art. 5º): "A instalação, a construção ou a ampliação, bem como a operação ou funcionamento das fontes de poluição que forem enumeradas no regulamento desta Lei, ficam sujeitas à prévia autorização do órgão estadual de controle da poluição do meio ambiente, mediante licenças de instalação e de funcionamento".
- Decreto Estadual n.º 10.755 de 22/11/1977: Enquadra todos os corpos de água estaduais de acordo com as classes 1, 2, 3 e 4 do Decreto 8468.
- Decreto Estadual nº 28.848 de 30/08/88: proíbe qualquer forma de emprego de fogo para fins de limpeza e preparo do solo, inclusive para colheita de cana-de-açúcar.

- Decreto Estadual nº 28.895 de 20/09/88: permite a queimada para colheita da cana-de-açúcar.
- Decreto Estadual nº 42.055 de 06/08/99: estabelece que as queimadas devam ser evitadas, sendo toleradas somente com autorização da Secretaria da Agricultura e Abastecimento. Estabelece um cronograma para eliminação do uso do fogo para despalha e colheita da cana-de-açúcar, com proibição desta prática após o período estabelecido. Limita os locais e situações onde não se admite a queima independente de qualquer outra variável.
- Lei Estadual nº 10.547, de 02 de março de 1998 que define procedimentos, proibições, estabelece regras de execução e medidas de precaução a serem obedecidas quando do emprego do fogo em práticas agrícolas, pastoris e florestais.
- Decreto Estadual nº 45.869, de 22 de junho de 2001 que regulamenta a Lei Estadual nº 10.547, no que concerne à queima da palha da cana-de-açúcar.
- Lei Estadual nº 9.989 de 22/05/98: torna obrigatória a recomposição florestal nas áreas de matas ciliares num período de 5 anos, com previsão de multas e perdas de incentivos.
- Lei Federal nº 4.771 de 15 de setembro de 1965: estabelece áreas de Preservação Permanente (APPs) e que áreas com declividade igual ou superior a 45% são consideradas de preservação permanente, devendo as áreas cultivadas situar-se em terrenos com declividade inferior a 45%; trata-se do Código Florestal Brasileiro que reconhece como bens de interesse comum a todos os cidadãos as florestas e demais formas de vegetação existentes no território nacional.
- Portaria do Ministério do Interior nº 323 de 29/11/78: proíbe o lançamento direto ou indireto do vinhoto em qualquer coleção hídrica, pelas destilarias de álcool, a partir da safra 79/80.
- Portaria do Ministério do Interior nº 158 de 03/11/80: amplia a proibição de lançamento de vinhoto da portaria 323 para usinas e destilarias de aguardente e também para os demais despejos.
- Lei Federal nº 7.803 de 18 de julho de 1989 altera redação da lei 4.771 de 15/09/65.
- Lei Federal nº 8.171 de 17 de janeiro de 1991: Dispõe sobre a política agrícola e estabelece a recomposição de 1/30 por ano da área de reserva legal da propriedade (20% da área de cada propriedade). Estabelece como responsabilidade do proprietário a conservação do solo e o combate à erosão, bem como a preservação da cobertura vegetal natural remanescente.
- Decreto Federal nº 2.661 de 08/07/98: normaliza as precauções referentes ao emprego do fogo em atividades agrícolas e florestais estabelecendo um cronograma para eliminação da queima em áreas mecanizáveis, e exige um plano para queima autorizada.
- Resolução CONAMA nº. 20/86 dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas em todo o território nacional, bem como determina os padrões de lançamento.
- Lei nº 9605 de 12/02/98: dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
- Resolução CONAMA nº 03/90: Estabelece os padrões primários e secundários de qualidade do ar.
- Resolução CONAMA 01/90: Estabelece normas a serem obedecidas, no interesse da saúde, no tocante à emissão de ruídos em decorrência de qualquer atividade. As medições deverão ser efetuadas de acordo com a norma NBR 10.151, da ABNT.

## Síntese do Processo Produtivo

### Viveiros de mudas

O plantio de viveiro segue um cronograma para obtenção da quantidade de mudas necessárias para utilização nos plantios comerciais. Planta-se o viveiro 10 meses antes da data prevista para a utilização das mudas, em épocas favoráveis para boa brotação e desenvolvimento.

Para o plantio de cana de ano, os viveiros são plantados em outubro e novembro do ano anterior. Para o plantio de cana de ano e meio, são plantados em fevereiro e março do ano anterior.

### Escolha das variedades

A proporção relativa das diferentes variedades no viveiro é em função da área a ser plantada. As variedades são escolhidas por suas características agro-industriais compatíveis: alta produtividade, riqueza em açúcar, resistência às pragas e doenças, não florescer, resistência ao tombamento, boa brotação de soqueira, boa despalha, longo período útil de industrialização (PUI), pouca exigência em relação aos solos e tolerância a condições de seca.

### Escolha e preparo do local

O local para a instalação dos viveiros deve apresentar bom nível de fertilidade e fácil acesso. No plantio das mudas utiliza-se adubação química.

### Duração dos viveiros

A duração de um viveiro de mudas normalmente é de um corte, mas dependendo dos cuidados fitossanitários executados durante a fase de campo (“roguing”) pode-se obter um segundo corte.

### Cuidados gerais

· Desinfecção dos instrumentos

A prática de assepsia de facões (podões) utilizados no corte de cana previne a disseminação das bactérias sistêmicas, da escaldadura e do raquitismo. As bactérias podem persistir por até uma semana nas lâminas dos facões de corte deixados à sombra.

A desinfecção dos facões utilizados no corte de mudas é feita antes e durante a colheita com álcool, formol, lisol, cresol ou fogo. A desinfecção comumente utilizada é através de imersão do instrumento numa solução de creolina a 10% durante meia hora, antes do início da colheita das mudas e do corte das mesmas.

O fogo é o mais eficiente meio de assepsia, porém perigoso no manuseio, pois pode provocar incêndio nas lavouras, máquinas e implementos.

“Roguing”

O trabalho de inspeção por pessoas treinadas para reconhecer e eliminar as plantas doentes tem a

finalidade da erradicação de toda touceira que exiba sintoma patológico ou características diferentes da variedade em cultivo. Esta operação é feita mecanicamente com enxadões, arrancando-se totalmente as touceiras doentes.

A frequência do *Roguing* deve ser mensal até a época da multiplicação, garantindo um alto nível de sanidade nos viveiros para que as mudas tenham a qualidade desejada, e evitando a mistura de variedades.

A despalha manual das mudas é outra recomendação agrônômica, e consiste em menor densidade das mudas dentro do sulco e maior parcelamento do fertilizante nitrogenado.

Os viveiros são instalados de 10 a 12 meses antes da data prevista para a utilização das mudas. Para o plantio de mudas tratadas termicamente o planejamento com dois anos de antecedência permite que as mesmas sejam multiplicadas nas quantidades desejadas.

### Doenças sistêmicas

As doenças sistêmicas que se apresentam com maior frequência nos viveiros são:

#### · Carvão

A doença é causada pelo fungo *Ustilago scitaminea*, com sua dispersão através das correntes aéreas, solo contaminado e plantio de mudas contaminadas. O sinal típico de carvão é a emissão de chicotes que inicialmente apresentam cores prateadas, passando a cor preta, devido à maturação dos esporos neles contidos. O carvão provoca o definhamento da cana-de-açúcar, com internódios finos e curtos, à semelhança do capim. Os rendimentos agrícola e industrial são severamente afetados. Esta doença pode ser controlada por:

- a) Substituição por variedades de maior resistência;
- b) Tratamento térmico em água a 52° C por 30 minutos;
- c) *Roguing*;
- d) Plantio das mudas sadias;
- e) Proteção química das mudas através do uso de fungicida à base de Triadimefon 25g/100 litros de água do ingrediente ativo em banho de imersão durante dez minutos ou pulverização no fundo do sulco de plantio com 500g do ingrediente ativo por hectare.
- e) Isolamento de canaviais com alta infestação;
- f) Eliminação de focos de carvão.

#### · Mosaico

O mosaico é uma doença causada por vírus e se caracteriza pelo aparecimento de manchas de coloração amarelada ou verde-pálida, alternadas com manchas de cor verde normal, nas folhas mais jovens do "cartucho" foliar. A disseminação do mosaico se processa por pulgões e também pelo uso de material vegetativo proveniente de plantas doentes para o plantio da cana. O controle das ervas inva-

soras também é importante nos viveiros, pois são hospedeiras do mosaico e dos pulgões.

#### · Escaldadura

A escaldadura das folhas é causada por uma bactéria, a *Xanthomonas albilineans*. As condições que favorecem a ocorrência desta doença são aquelas que prejudicam o crescimento normal das plantas, principalmente excesso ou falta d'água. A disseminação ocorre por meio das ferramentas de corte e outras que provoquem ferimentos nas plantas e das mudas provenientes de plantas doentes. Assim como o mosaico, a escaldadura não é controlada pelo tratamento térmico.

O *roguing* e a desinfecção de ferramentas utilizadas nos viveiros são operações indispensáveis para evitar sua propagação.

### Operações Agrícolas na Lavoura de Cana-de-açúcar

#### Preparo do solo

São operações que visam o manejo do solo para uma instalação adequada do canavial.

No preparo do solo são consideradas duas situações distintas: cana implantada pela primeira vez e terreno já ocupado com cana.

No primeiro caso faz-se uma aração profunda com bastante antecedência ao plantio visando o revolvimento do solo, a destruição, incorporação e decomposição dos restos culturais existentes, seguidas de gradagem para destruir soqueiras e restos vegetais remanescentes, incorporá-los ao solo, nivelar a superfície do solo e corrigir as irregularidades do terreno. Em solos argilosos é normal a existência de uma camada impermeável, detectada através de trincheiras abertas no perfil do solo ou pelo penetrômetro. Constatada a compactação do solo provocada pela moto-mecanização das lavouras e visando aumentar a infiltração de água principalmente nas bases dos terraços, é realizada a operação de subsolagem, a qual é efetuada somente quando a camada compactada se localizar a uma profundidade entre 20 e 50 cm da superfície e com o solo seco.

Nas vésperas do plantio, faz-se nova gradagem, para acabar o preparo do terreno e eliminação de plantas invasoras. Na segunda situação, onde a cultura da cana já se encontra instalada, o primeiro passo é a destruição da soqueira, realizada logo após a colheita.

A operação pode ser feita por meio de aração rasa (15-20 cm) nas linhas de cana, seguidas de gradagem, utilizando-se grades com 20 discos de 30" a 32" de diâmetro. Se confirmada a compactação do solo, a subsolagem torna-se necessária.

#### Aplicação de calcário

A calagem tem por finalidade a correção da acidez do solo e fornecimento dos nutrientes cálcio e magnésio, além de elevar a saturação de bases a 60%. A quantidade de calcário a ser aplicada por área (t/ha) é determinada de acordo com o resultado da análise química do solo realizada previamente. Se o teor de magnésio for baixo, dá-se preferência ao calcário dolomítico.

O calcário deve ser aplicado o mais uniforme possível sobre o solo. A época mais indicada para a

aplicação do calcário é de 90 dias antes do plantio. Dentro deste período, quanto mais cedo executada maior será sua eficiência. A necessidade de calagem é dada pela fórmula:

$$NC = \frac{(V1 - V2) \times CTC}{PRNT}$$

Onde: NC = Necessidade de Calcário (t/ha)

V2 = Saturação em bases desejadas (%)

V1 = Saturação em bases atual (%)

CTC = carga total de cátions.

PRNT = Poder Real de Neutralização Total do Calcário (%).

### **Gradagem semipesada ou intermediária**

A primeira gradagem, para erradicar a soqueira de cana, restos culturais e plantas daninhas.

### **Gradagem pesada**

A segunda gradagem, para incorporar o calcário e eliminar os restos culturais remanescentes.

### **Subsolagem**

A operação é realizada visando a eliminação da camada compactada do solo, relacionada ao tráfego de máquinas e veículos durante a colheita.

### **Terraceamento**

Os terraços são construídos com o objetivo de interceptar o escoamento das águas superficiais, evitando-se as erosões dos solos. O tipo embutido ou de base larga permite o plantio sobre os mesmos.

O terraceamento é feito com o uso de máquinas de lâmina (em terrenos acima de 15% de declividade) executando-se barreiras contínuas ao longo das curvas de nível do terreno ou com trator de pneu com terraceador (em terrenos com declividades inferiores a 15%).

### **Gradagem leve**

Além da gradagem pesada realiza-se uma ou duas gradagens leves visando o nivelamento e o acabamento do terreno nas áreas a serem plantadas. Podem-se utilizar grades semi-aradoras com 32 discos de 20 polegadas de diâmetro, tracionados por tratores de 150 HP.

### **Plantio de cana**

As duas épocas de plantio são de setembro a outubro e de janeiro a março. Em setembro-outubro

planta-se a cana de 12 meses (*cana de ano*). Não sendo a época mais recomendada, este plantio é indicado em casos de necessidade urgente de matéria-prima, quer por recente instalação ou ampliação do setor industrial, quer por comprometimento de safra devido à ocorrência de adversidade climática. Os plantios efetuados nessa época propiciam menor produtividade agrícola e expõem a lavoura à maior incidência de ervas daninhas, pragas, assoreamento dos sulcos e retardam a próxima colheita.

O plantio da cana de ano e meio é feito de janeiro a março, sendo o mais recomendado tecnicamente. Não apresenta os inconvenientes da outra época e permite um melhor aproveitamento do terreno com o plantio de outras culturas. Em regiões quentes, como o oeste do Estado de São Paulo, essa época pode ser estendida para os meses subseqüentes, desde que haja umidade suficiente. As mudas devem proceder de viveiros idôneos, para a garantia de canavial com plantas sadias. As operações envolvidas no plantio são identificadas a seguir.

### **Sulcação / adubação**

As operações são simultâneas, realizadas em nível no caso da cana queimada e, em linha reta no caso de cana crua, com implemento sulcador-adubador com bico “beija-flor” de duas ou três linhas para facilitar a operação e homogeneizar os espaçamentos entre sulcos, em 1,40 m, com profundidade de 20 a 25 cm e a largura definida pela abertura das asas do sulcador num ângulo de 45°. Os adubos são aplicados no fundo do sulco de plantio, após a sua abertura, ou por meio de adubadeiras conjugadas aos sulcadores. A fórmula depende das análises de solo, em geral, 05-25-25 à base de 1.000 kg/alqueire, com trator com potência superior a 120 HP.

### **Aplicação de torta de filtro**

Na fabricação de álcool para cada 1 tonelada de cana se obtém 35 kg de torta de filtro.

O produto é predominantemente orgânico, rico em fósforo e cálcio, utilizado nas áreas para produção de cana em área total (80 – 100 t/ha), em pré-plantio, nos sulcos (10 – 20 t/ha) ou nas entrelinhas (40 – 50 t/ha), antecedendo o trato cultural das soqueiras, com excelentes reflexos na elevação da produtividade.

O vinhoto e a torta de filtro, pelos efeitos positivos na produtividade da cana, pelo valor fertilizante que possuem, são hoje considerados mais como subprodutos do que como resíduos.

### **Retirada de cana muda dos viveiros**

A retirada é efetuada através de corte manual utilizando-se facões com desinfecção prévia e periódica das lâminas para controle da doença conhecida como “raquitismo das soqueiras”, com o uso de caminhão *truke* com carroceria canavieira, e o carregamento com carregadeira.

### **Distribuição das mudas**

A distribuição se dá enquanto o caminhão percorre as banquetas, para 4 ou 5 sulcos de cada lado, garantindo-se um número médio de 12 gemas de cana por metro linear.

Após a distribuição nos sulcos, as mudas são manualmente seccionadas. Os facões são periodicamente desinfetados para evitar-se a transmissão de doenças.

Os colmos com idade de 10-12 meses são colocados no fundo do sulco, sempre cruzando a ponta do colmo anterior com o pé do seguinte e picados em toletes de aproximadamente três gemas.

A densidade de plantio é de 12 gemas por metro linear de sulco, que, dependendo da variedade e do seu desenvolvimento vegetativo, corresponde a um gasto de 7-10 toneladas por hectare. Os toletes deverão ser cobertos com uma camada de terra de 7 cm, a ser ligeiramente compactada.

### **Tratos culturais do canavial**

Os tratos culturais na cana-planta limitam-se apenas ao controle das plantas invasoras, adubação em cobertura e adoção de uma vigilância fitossanitária. Já nas soqueiras exigem enleiramento do palhicho, permeabilização do solo, controle de plantas daninhas, adubação e vigilância sanitária.

### **Controle de plantas invasoras**

O período crítico da cultura, quanto à ocorrência de plantas invasoras, vai da emergência aos 90 dias de idade. O controle mais eficiente nesse período é o químico, com a aplicação de herbicidas em pré-emergência logo após o plantio em área total.

Entre os diversos princípios ativos utilizados em pré-emergência destacam-se: diuron, hexazinone, ametryne, tebuthiuron, os quais exigem boa umidade no solo para que possam ser aplicados, por via terrestre, com pulverizadores ou com pulverizadores costais (no caso do glifosato).

As dosagens variam dependendo da intensidade de infestação das plantas invasoras, tipo de solo, umidade, estágio da cultura e época da aplicação e o efeito residual dos herbicidas varia em média de 60 a 90 dias.

Os operadores devem utilizar roupas especiais em tecido hidro-repelente para aplicação dos herbicidas, além das luvas de PVC, máscaras faciais e protetores auditivos.

A aplicação com pulverizador costal é realizada onde não é possível a aplicação tratorizada com eficiência como no caso do capim-colonião. Os funcionários devem utilizar roupas especiais com tecido hidro-repelente, luvas de PVC, máscara respiratória, botas de borracha e óculos de proteção. No preparo da calda, os produtos são diluídos dentro do tanque de "calda pronta" e os abastecimentos das bombas costais devem ser feitos com registros de engate rápido para maior segurança dos funcionários.

### **Cultivo mecânico**

As adubadeiras realizam, simultaneamente, as operações de escarificação, adubação, cultivo e preparo do terreno para receber a carpa química, o que exige tratores de 90 HP.

O cultivo é realizado com cultivador "tríplice" de duas linhas, tracionados por tratores de pneus.

### **Controle de pragas**

As espécies de pragas que causam prejuízo significativo para a cultura da cana de açúcar:



## Formigas

Os insetos sociais da ordem Hymenoptera, família Formicidae vivem em colônias (formigueiros) subterrâneas, cortam as folhas das plantas para servirem de substrato aos fungos que cultivam e servem como seu alimento.

Os prejuízos se dão pela desfolha contínua das culturas. O controle faz-se com iscas formicidas colocadas em volta do formigueiro para que sejam carregadas para o seu interior.

## Broca da cana-de-açúcar

A *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera, Pyralidae), a principal praga da cana no centro sul brasileiro de importância econômica e social, é um inseto que apresenta desenvolvimento holometabólico.

Os ovos são depositados nas folhas verdes da cana, tanto na face superior como na inferior do limbo foliar, ovais e achatados, de coloração amarelo-pálido a rósea até chegar a marrom escura. A duração dessa fase varia de uma a duas semanas.

Após a eclosão, as lagartas migram para a região do cartucho da planta a procura de abrigo, fazendo perfurações próximas à base do entrenó e uma vez tendo penetrado, passa a fase larval ali protegida, sofrendo diversas ecdises. A duração dessa fase é próxima de 40 dias.

A lagarta possui coloração branco-leitosa, cápsula linfática marrom escura com pequenas manchas de cor marrom claro, três pares de pernas traseiras, quatro pares de falsas pernas abdominais e um par de falsas pernas anais. Antes da pupação a lagarta abre um orifício na casca da cana e o fecha com fios de seda e, assim protegida, passa para a fase de pupa, de coloração inicial marrom claro, sendo sua duração de dez dias, quando emerge o adulto, cuja vida média é de cinco dias.

A infestação ocorre durante todo o desenvolvimento da cana. Nas canas jovens, que não apresentam entrenós formados, a infestação é menor, e aumenta com o crescimento da planta, principalmente nos períodos de agosto a abril.

Na fase larval, as plantas sofrem danos diretos decorrentes da alimentação do inseto, como perda de peso pela abertura das galerias, morte da gema apical, encurtamento dos entrenós, quebra da cana, enraizamento aéreo e germinação das gemas laterais e ainda danos indiretos causados por fungos (*Fusarium moniliforme* ou *Colletotricum falcatum*) que invadem os entrenós através de orifícios abertos na casca pela lagarta e causam a inversão da sacarose, que desta forma não se cristaliza no processo de industrialização do açúcar, ou concorrem com as leveduras na fermentação do álcool. São medidas culturais de controle o uso de variedade resistente e o corte da cana o mais próximo possível do solo. O controle químico é ineficaz por estar a lagarta protegida dentro do colmo da cana.

## Adubação

· Aplicação da vinhaça.

A vinhaça é predominantemente orgânica, rica em potássio e pobre em fósforo e seu lançamento em corpos d'água é proibido. A totalidade dos resíduos gerados deve ser retornada à plantação na forma de fertirrigação. Dependendo da fertilidade do solo, aplica-se com veículos-tanque (60 – 120 m<sup>3</sup>/ha) ou por irrigação-aspersão (150 – 250 m<sup>3</sup>/ha), contribuindo para o aumento da produtividade e

longevidade dos canaviais.

Considerando a produção prevista, por safra, de 10 milhões de litros de álcool, fazem-se necessários pelo menos 750 hectares de área agrícola próxima à indústria para serem fertiirrigados, condição esta satisfeita, uma vez que, a localização do empreendimento numa área com a maior altitude na micro-região possibilita a distribuição por gravidade até reservatórios para redistribuição via irrigação – aspersão.

Os canais de escoamento do vinhoto até os reservatórios, bem como estes, devem ser impermeabilizados com manta plástica evitando-se, assim, a percolação do resíduo em alta concentração, potencial poluidor de águas subterrâneas.

A Tabela 6 apresenta a composição química da vinhaça.

**Tabela 6:** Composição química da vinhaça para fins de adubação.

| ELEMENTO                                 | UNIDADE           | MOSTO       |             |             |
|--|-------------------|-------------|-------------|-------------|
|  |                   | MELAÇO      | MISTO       | CALDO       |
| pH                                       |                   | 4,2 - 4,4   | 3,6 - 4,4   | 3,5 - 3,7   |
| Nitrogênio (N)                           | Kg/m <sup>3</sup> | 0,57 - 0,79 | 0,33 - 0,48 | 0,25 - 0,35 |
| Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | Kg/m <sup>3</sup> | 0,10 - 0,34 | 0,09 - 0,61 | 0,09 - 0,49 |
| Potássio (K <sub>2</sub> O)              | Kg/m <sup>3</sup> | 3,95 - 7,59 | 2,18 - 3,34 | 1,15 - 1,94 |
| Cálcio (CaO)                             | Kg/m <sup>3</sup> | 1,85 - 2,41 | 0,57 - 1,46 | 0,13 - 0,76 |
| Magnésio (MgO)                           | Kg/m <sup>3</sup> | 0,84 - 1,40 | 0,33 - 0,58 | 0,21 - 0,41 |
| Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ) | Kg/m <sup>3</sup> | 1,05        | 1,60        | 2,03        |
| Matéria Orgânica                         | Kg/m <sup>3</sup> | 37,3 - 56,9 | 19,1 - 45,1 | 15,3 - 34,7 |
| Ferro (Fe)                               | ppm               | 52 - 120    | 47 - 130    | 45 - 110    |
| Cobre (Cu)                               | ppm               | 3 - 9       | 2 - 57      | 1 - 18      |
| Zinco (Zn)                               | ppm               | 3 - 4       | 3 - 50      | 2 - 3       |
| Manganês (Mn)                            | ppm               | 6 - 11      | 5 - 6       | 5 - 10      |

Fonte: Orlando Filho & Leme (1984).

### Adubação química

A recomendação da adubação NPK para a cultura da cana-de-açúcar deve ser feita com base na interpretação dos resultados de análises dos solos, que determinam as quantidades de nutrientes a serem aplicadas e seguindo as recomendações técnicas. Em geral, utiliza-se fórmula 05-25-25 no plantio e 18-00-36 na soqueira, na base de 1.000 kg/alqueire.

As matérias primas (adubos simples) mais utilizadas nas formulações NPK são:

· Nitrogenados

#### Amônia anidra

A amônia anidra é transformada em aquamônia pela hidratação do gás amônia.

#### Uran

É o resultado da dissolução do nitrato de amônia (30 a 34% de N) e uréia (45 a 46% de N) em água. Este produto tem volatilidade menor que os demais nitrogenados e tem três fontes de nitrogênio, isto é:

nítrica 9%, amídica, 14% e amoniacal, 9%. Utiliza-se nas adubações em que não se pode aprofundar a aplicação.

As características deste produto são as seguintes: líquido claro, incolor ou amarelado, não volátil, pH entre 7,0 e 8,0 e densidade 1,326.

· Fosfatados

### Fosfato de amônio

O monoamônio fosfato (MAP) e o diamônio fosfato (DAP) têm altos conteúdos em nutrientes. O MAP tem 10% de N e 50% de  $P_2O_5$  e o DAP tem 18% de N e 46% de  $P_2O_5$ .

· Potássicos

### Cloreto de potássio

O cloreto de potássio é a maior fonte de potássio para os fertilizantes. A facilidade de obtenção e processamento e seu elevado teor de potássio viabilizam o seu uso. Apresenta concentração de 60% de  $K_2O$ .

A adubação química se faz com tratores, com cultivadores acoplados (quatro hastes subsoladoras e quatro conjuntos de discos de 18 polegadas) para nivelar o solo. O adubo é injetado no solo pelas hastes e coberto pelos discos.

O transporte do adubo em caminhões com tanques de 15 m<sup>3</sup> equipados com motobomba e mangueiras para passar carga para os implementos de cultivo, com todos os equipamentos de segurança necessários (válvulas para gases, cones, sinalização, máscaras para gases e luvas). Os operadores devem ser treinados para transporte de cargas perigosas.

As matérias primas utilizadas são: amônia hidratada, MAP, cloreto de potássio, Uran, ácido fosfórico e água. Os adubos químicos são líquidos e produzidos nas instalações próprias da destilaria, nas formulações necessárias, como mostrado a seguir.

Na Tabela 7 são indicadas as quantidades de nitrogênio, fósforo e potássio a serem aplicadas na adubação mineral de plantio, com base na análise de solo e nas metas de produtividade.

**Tabela 7:** Recomendação de adubação NPK para cana planta.

| Meta de Produtividade ton./ha. | Nitrogênio N, kg/ha. | P resina, mg/dm <sup>3</sup>         |        |         |      | K trocável, meq/100cm <sup>3</sup> |             |             |            |        |
|--------------------------------|----------------------|--------------------------------------|--------|---------|------|------------------------------------|-------------|-------------|------------|--------|
|                                |                      | 0 - 6                                | 7 - 15 | 16 - 40 | > 40 | 0 - 0.07                           | 0.08 - 0.15 | 0.16 - 0.30 | 0.31 - 0.6 | > 0.60 |
|                                |                      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha. |        |         |      | K <sub>2</sub> O kg/ha             |             |             |            |        |
| < 100                          | 30                   | 180                                  | 100    | 60      | 40   | 100                                | 80          | 40          | 40         | 0      |
| 100-150                        | 30                   | 180                                  | 120    | 80      | 60   | 150                                | 120         | 80          | 60         | 0      |
| > 150                          | 30                   | -                                    | 140    | 100     | 80   | 200                                | 160         | 120         | 80         | 0      |

Fonte: RAIJ, B. Van. Boletim Técnico 100 - IAC/SP. 1.996

**Tabela 8:** Recomendação de adubação NPK para cana soca.

| Meta de Produtividade de ton./ha. | Nitrogênio N, kg/ha. | P resina, mg/dm <sup>3</sup>         |      | K trocável, meq/cm <sup>3</sup> |             |        |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------------------------|------|---------------------------------|-------------|--------|
|                                   |                      | 0 - 15                               | > 15 | 0 - 0.15                        | 0.16 - 0.30 | > 0.30 |
|                                   |                      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha. |      | K <sub>2</sub> O kg/ha.         |             |        |
| < 60                              | 60                   | 0                                    | 0    | 90                              | 60          | 30     |
| 60 - 80                           | 80                   | 0                                    | 0    | 110                             | 80          | 50     |
| 80 - 100                          | 100                  | 0                                    | 0    | 130                             | 100         | 70     |
| > 100                             | 120                  | 0                                    | 0    | 150                             | 120         | 90     |

Fonte: RAIJ, B. Van. *Boletim Técnico 100* – IAC/SP. 1.996

Na Tabela 8 são indicadas as recomendações de adubação mineral da cana soca, de acordo com as análises de solos, aplicando os adubos ao lado das linhas de cana a uma profundidade de 10 cm.

### Maturação de cana

A aplicação de maturadores deve ser feita por via aérea, com aviões contratados de empresas com registro no Departamento de Aviação Civil e no Ministério da Agricultura, balizados por GPS, não sendo, portanto, necessárias pessoas com bandeiras em terra para orientação dos pilotos.

Os produtos utilizados devem ter registro para utilização como maturador e aplicação aérea.

· Opção 1: Moddus 250 G (Etil - Trinexapac), na dosagem de 800 ml/ha.

É um regulador de crescimento, seletivo, recomendado para aplicação na cultura de cana-de-açúcar, visando a aceleração dos processos de maturação da planta e acúmulo de sacarose no colmo. Sua aplicação é indicada tanto na cana-planta quanto na cana-soca.

Uma vez aplicado, é absorvido pela planta, e passa a atuar seletivamente através da redução do nível de geberelina ativa, induzindo a planta a uma inibição temporária ou redução do ritmo de crescimento, porém sem afetar o processo de fotossíntese e a integridade da gema apical. O retorno normal de crescimento das plantas depende da dose aplicada e das condições ambientais. Os resultados experimentais obtidos indicam que este produto proporciona acúmulo de sacarose no colmo da cana a partir de 30 dias após a aplicação, e mantém o incremento acumulado além de 90 dias, com os maiores incrementos de açúcar observados entre 45 a 75 dias após a aplicação do produto (dependendo da dose aplicada), período este indicado para a colheita com o maior retorno econômico.

· Opção 2: Ethrel 720 (Ethefon), na dosagem de 670 ml/ha.

Ethrel é absorvido pelas folhas através dos estômatos via difusão, liberando etileno (exógeno) e acelerando a liberação natural do etileno (endógeno), para que ocorra o acúmulo de sacarose e/ou inibição do florescimento.

· Opção 3: Curavial (75 % Sulfometuron Metil), na dosagem de 20 g/ha.

O produto é um regulador de crescimento de ação sistêmica, sendo que após a sua absorção pelas folhas atua nas regiões meristemáticas afetando tanto o crescimento como inibindo a divisão celular. Com isso, ocorre o processo de armazenamento de sacarose no colmo, ao invés da emissão de novas folhas. Esse processo acarreta melhor qualidade da matéria-prima. O produto não causa a morte do meristema apical e os entrenós formados após a aplicação retomam o crescimento normal.

· Opção 4: Roundup 480 (Glyphosate), na dosagem de 400 ml/ha.

Glyphosate tem absorção foliar com translocação via floema. Não é metabolizado pelas plantas e passa a atuar na formação de aminoácidos, inibidor da fotossíntese e respiração.

O produto seria diluído, com a aplicação de 30 litros de calda/ha, exigindo a utilização dos EPIs pelos aplicadores.

### **Colheita de cana**

A colheita seria realizada manualmente, após a queimada, que tem por finalidade a eliminação da palha, facilitando e aumentando o rendimento do corte e transporte, e assim, melhorando o rendimento na moagem.

Os cuidados preliminares são essenciais, como aceiros de áreas sob redes elétricas e em volta de árvores e matas remanescentes e a observação da direção dos ventos.

As queimadas devem ser feitas no período noturno, e excepcionalmente durante o dia, por equipes de seis pessoas mais um fiscal de queima, com uso de três caminhões tanques de 16.000 l com canhões anti-incêndio.

As queimadas devem ser pré-determinadas, conforme os regulamentos do DEPRN e CETESB. No corte manual, a cana cortada é colocada no solo de forma esteirada, e o carregamento se faz com o uso de carregadeiras convencionais de cana e de caminhões ou semi-reboques, que entram no canavial para carregamento.

Seriam utilizados tratores de grande porte que pegam as carretas dos carregadores e as levam até o talhão onde estão as carregadeiras para carregá-las. A carga deve ser amarrada para evitar a queda de cana nas estradas.

O transporte da cana colhida até a fábrica seria dividido em dois tipos de frentes: uma de corte manual e outra de corte mecanizado. Os fornecedores entregarão em média 10 frentes de colheita.

### **Rotação de culturas**

A rotação de culturas é a prática de cultivo de espécies diferentes numa mesma área em épocas distintas. Utiliza-se pelas seguintes vantagens: incremento de matéria orgânica ao solo; proteção do solo; redução de operações mecânicas (gradagens) para manter o solo livre de plantas invasoras; alteração da população vegetal e conseqüente interrupção no ciclo de vida dos microorganismos indesejáveis e possibilidade de renda extra.

A cultura de cana em geral aproveita bem os resíduos de adubação da cultura de crotalária, que bem formada dá em média 14 toneladas/ha de matéria seca e pode fixar de 100 a 200 kg de nitrogênio, o que corresponde a 230 a 460 kg de uréia. Todavia, deve-se cuidar do suprimento de nutrientes às plantas por adubação química (PK), baseada na análise de solo.

No sistema de plantio em rotação com a cana-de-açúcar, a melhor época para plantio de crotalária no Estado de São Paulo é de meados de outubro a meados de dezembro. A rotação de cultura normalmente é realizada em parte (40 a 50 %) das áreas de reforma dos canaviais, em cerca de 20 % do total da área cultivada com cana-de-açúcar de ano e meio por ano. Além da crotalária, pode-se optar por outras culturas, como o amendoim e a soja.

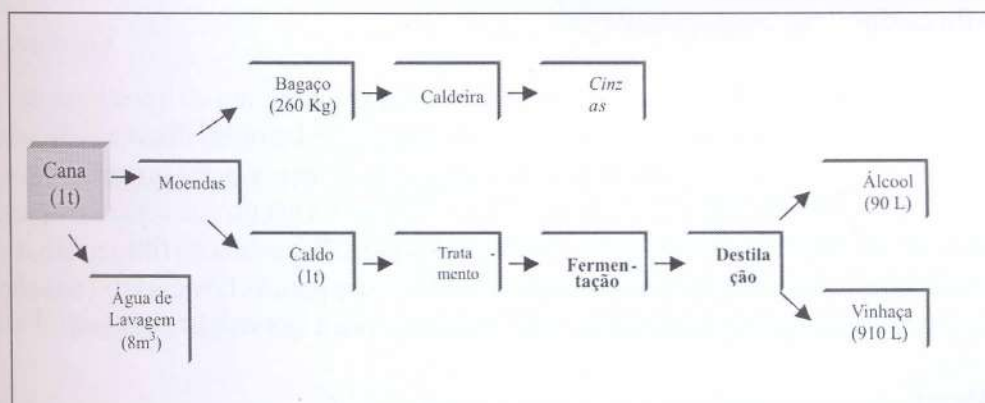
## Serviços de apoio

Durante o preparo do solo, plantio, tratos culturais e safra, os serviços de infra-estrutura, manutenção e apoio às práticas agrícolas são realizados conforme as necessidades:

- Serviços gerais: serviços executados por trabalhadores braçais como capina, limpeza e catação de toco e pedra, entre outros;
- Serviços de oficina (fixa e volante em caminhões): efetuados por mecânicos, eletricitas, funileiros e ajudantes, equipados para atender tratores, veículos e implementos, fazendo manutenção e reparos;
- Serviços de borracharia (fixa e volante): realizados por borracheiros em borracharia fixa e também no campo em caminhão borracheiro para trocas e consertos de pneus agrícolas e rodoviários;
- Serviços de transportes: de tratores e máquinas em caminhões prancha e de implementos agrícolas em caminhões Munck;
- Lubrificação (fixa ou em caminhões comboio): equipe aparelhada para abastecer os tratores e lubrificar as máquinas no campo ou em posto fixo;
- Posto de abastecimento: ponto fixo para abastecimento de tratores e veículos;
- Serviços de lavagem (volante ou fixo): efetuados por caminhão-pipa para lavagem de tratores, implementos e veículos no campo ou lavador em posto fixo;
- Almoxarifado de peças: setor responsável pelas peças de reposição para as máquinas e equipamentos;
- Almoxarifado de insumos: setor responsável pelo controle de estoque de adubos e defensivos agrícolas;
- Escritório agrícola: apoio técnico e administrativo, decisões e acompanhamento das práticas agrícolas;
- Serviços de reparos e manutenção em construções civis e paisagismo: realizados de novembro a abril, aproveitando-se a menor demanda de mão-de-obra nas atividades agrícolas.

## Descrição do processo de produção industrial

A Figura 3 apresenta, de forma simplificada, o processo de industrialização da cana-de-açúcar.



**Figura 3:** Esquema simplificado do processo de industrialização da cana-de-açúcar.  
 Fonte: Revista Saneamento Ambiental – nº 11 – jan. 1991.

## Recepção da cana

A cana seria transportada à destilaria em caminhões e pesada na entrada da indústria em balança tipo rodoviária, com sistema de impressão na guia de recebimento. Uma parte dos caminhões segue para o laboratório de pagamento de cana de sacarose, visando amostragem para controle da qualidade da cana.

Após o descarregamento, os veículos são pesados vazios, para determinação do peso líquido de cana entregue.

O descarregamento faz-se por tombador tipo "hilo" diretamente na mesa e/ou no pátio de cana. Esta cana armazenada no pátio é transportada por ponte rolante, equipada com garras hidráulicas, até as mesas alimentadoras (com 45° de inclinação), permitindo assim, diuturnamente, uma alimentação contínua.

## Lavagem da cana

Na mesa a cana recebe um jato de água objetivando retirar as impurezas vindas da lavoura, tais como: partículas de solo, areia, pedras e outras que possam prejudicar a extração do caldo de cana e danificar equipamentos. A água de lavagem deve seguir para um sistema de tratamento, passando por um separador de palha tipo "cush-cush", para a separação das impurezas grosseiras como palhas, colmos e toletes, e seguindo para as caixas de decantação para remoção final das impurezas. A cana lavada segue então, através de correia transportadora para a área de preparo de cana.

## Preparo da cana

A cana lavada é transportada por esteira até o picador e depois ao desfibrador, para um bom preparo da cana para a moagem. Após é encaminhada à moenda, iniciando-se o processo de extração do caldo.

## Extração

A extração do caldo seria feita por um conjunto de moendas com quatro ternos, acionadas por turbinas a vapor. Visando os melhores resultados utiliza-se o sistema de embebição com adição de água no último terno. O caldo é recolhido embaixo da moenda e conduzido à peneira contínua para a separação do bagacilho, retornando ao 1º terno. O bagaço sai do último terno sendo transportado por esteira até a área da caldeira.

## Preparo do caldo

Após o peneiramento o caldo é pré-aquecido a 105°C, por um conjunto de trocadores de calor tipo vertical. Em seguida recebe leite de cal e polímeros, que atuam como auxiliares de decantação, sendo então enviado aos decantadores, produzindo-se o caldo clarificado que segue o fluxo normal do processo. O lodo do decantador é enviado aos filtros rotativos a vácuo que separam a parte líquida retornando-a ao início do preparo, antes da caleação. A parte sólida retida no filtro rotativo, chamada de torta, é enviada a uma moega e transportada por caminhões para as lavouras de cana para adubação. O caldo clarificado segue diretamente à fermentação para a fabricação do álcool.

## Fermentação

O mosto, que é o caldo após tratamento e clarificação, é enviado às dornas em mistura com o leite de

levedura. As leveduras retiradas nas centrífugas são recuperadas, tratadas e enviadas ao início do processo de fermentação.

Na fermentação há transformação do açúcar em álcool e gás carbônico, com desprendimento de calor. Para a manutenção de uma temperatura ideal de processo (32°C) as dornas contam com um sistema de resfriamento.

O vinho, produto final da fermentação, deve apresentar de 7 a 9% de álcool etílico e segue para a destilação.

## **Destilação**

A destilação consiste na separação das substâncias componentes, pois estes apresentam diferentes pontos de ebulição: a água, o álcool etílico, álcoois superiores, ácido acético e aldeídos.

Através de várias destilações específicas separam-se os componentes em quatro frações distintas: vinhaça, óleo fúsel, álcool de 2ª e o produto principal, o álcool etílico. Destas frações, a vinhaça representa o resíduo da destilaria, constituída pelas substâncias fixas do vinho e parte das voláteis. A destilação inicia-se com a purificação do vinho, fase em que se separa o álcool de segunda e o vinho apurado.

O vinho apurado segue para novo processo para a separação das frações denominadas flegma, com 45° a 50°GL, e a vinhaça, operação esta que se constitui na destilação propriamente dita.

O flegma, produto principal desta fase é submetido a um processo de retificação, em “coluna de retificação”, que visa a elevação do grau alcoólico e eliminação das impurezas ainda existentes.

Do processo resulta o álcool hidratado de elevada pureza e graduação alcoólica ou álcool anidro quando se utiliza a coluna de desidratação, a flegmaça, resíduo de retificação do flegma, incorporada à vinhaça, o óleo fúsel, uma mistura concentrada das impurezas do flegma, e o álcool de segunda.

## **Armazenamento**

Após a destilação, o álcool é resfriado e enviado a tanques de medição e aos tanques de armazenamento a espera de seu transporte em caminhões-tanque.

## **Produtos finais e subprodutos**

A Tabela 9 apresenta as estimativas dos produtos e subprodutos da destilaria com base na previsão da primeira safra.



| Produtos e subprodutos | Previsão      |
|------------------------|---------------|
| <b>Álcool (litros)</b> |               |
| Álcool anidro          | 9.000.000     |
| Álcool hidratado       | 1.000.000     |
| Total                  | 10.000.000    |
| <b>Subproduto</b>      |               |
| Bagaço                 | 33.800 t      |
| Vinhaça                | 110.000.000 l |

*Tabela 9: Produtos finais e subprodutos com base na previsão da primeira safra.*

## Cogeração de energia

O bagaço originado na moenda alimenta, como combustível, a caldeira para produção de vapor. Ao vapor direto denomina-se “vapor vivo” (sob pressão de 21 kgf/cm<sup>2</sup> e 300°C) utilizado para mover as turbinas da moenda, do turbo-gerador e do turbo-bomba. No turbo-gerador a energia mecânica é convertida em energia elétrica para uso da fábrica. A compra de energia elétrica da concessionária ocorreria apenas na entressafra para os serviços de manutenção. O vapor direto é reutilizado, o “vapor de escape”, com pressão de 1,3 a 1,5 kgf/cm<sup>2</sup>, como energia térmica para pré-*evaporação* e aquecimento.

## Utilização de Água

### Captação

Embora os consumos de água no processo produtivo devam ser estudados caso a caso, são apresentados, para se ter uma referência, os valores obtidos junto a Usina Barra Grande, Lençóis Paulista - SP, que tem produção de cerca de 900 toneladas/hora de cana moída, operando em regime de 24h/dia e 8 meses por ano. O consumo de água *in natura* é de 12.000 m<sup>3</sup>/h, extraída de mananciais, sendo 7.000m<sup>3</sup>/h para produção de açúcar e 5.000 m<sup>3</sup>/h para produção de álcool (FIESP/CIESP, 2001).

No empreendimento em análise, considerando-se a meta de produção de 50 toneladas/hora de cana moída, o consumo de água *in natura* para a produção de álcool é estimado em 280 m<sup>3</sup>/h, com captação no Córrego Mandaguari, situado a 500 metros do local da indústria, com vazão mínima no inverno de 500 m<sup>3</sup>/h, além da construção de barramento de 600 m, de maneira a totalizar uma capacidade de armazenamento de 1.350.000 m<sup>3</sup> de água. A captação adicional de poço artesiano, a ser perfurado no local da indústria, com 150m de profundidade é estimada em 12m<sup>3</sup>/hora.

### Cultivo da cana

A água *in natura* praticamente não é utilizada no cultivo, pois as necessidades das plantas seriam supridas pela irrigação com os efluentes gerados no processo produtivo e pela precipitação das chuvas. Excepcionalmente, em casos críticos de estiagem, as plantações podem ser irrigadas com água *in natura*, extraídas de mananciais próximos, estando este procedimento limitado à distância das plantações destes mananciais e pelo mecanismo utilizado de aspersão.

## Processo produtivo

O setor sucroalcooleiro é classificado como hidro-intensivo. Segundo o DAEE, a demanda de água no setor sucroalcooleiro é de 42,269 m<sup>3</sup>/s, ou 42,64% da demanda total de água das indústrias no Estado de São Paulo.

Os usos são variados: na lavagem da cana após a colheita, na incorporação ao produto final (álcool hidratado), na geração de vapor, no resfriamento de gases, na lavagem de gases de caldeiras, nas colunas barométricas dos cristalizadores, na "água mãe do melaço" nos cristalizadores, na filtração, etc.

Os usos da água, e por conseqüência a geração de efluentes, ocorrem em várias fases do processo. Seguem-se os volumes estimados dos principais efluentes a serem gerados e sua destinação:

### a) Na lavagem da cana

São gerados cerca de 8 m<sup>3</sup> de efluente por tonelada de cana moída no processo de lavagem da cana. (LEME, 1984). A lavagem opera em circuito fechado, mas perde-se água por evaporação.

### b) No processamento da cana

O vinhoto é um subproduto do processamento da cana. As destilarias em geral já o utilizam nos canaviais para a fertirrigação, bem como o lodo proveniente da decantação do caldo é utilizado na adubação das lavouras.

Se jogado nos rios, o vinhoto ou vinhaça é altamente poluente, pois sua decomposição rouba o oxigênio da água. As quantidades produzidas são da ordem de 11,1 litros de vinhaça por litro de álcool produzido, estando proibido o lançamento em corpos d'água (PORTARIA MINTER Nº 158 de 3 de novembro de 1.980 e outras relacionadas).

### c) Na refrigeração dos cristalizadores

Nas colunas barométricas dos cristalizadores emprega-se água para refrigeração, e a quantidade dependerá da temperatura da água de recirculação. Em média, utiliza-se de 1 a 5 m<sup>3</sup> de água para cada tonelada de cana beneficiada. Adota-se aqui o valor mínimo. São águas com baixos valores de DBO e assim podem ser recirculadas indefinidamente, apenas tratadas com aeração, de forma a se expulsar os gases dissolvidos.

Na Tabela 10 vemos os principais usos de água no processo produtivo da cana-de-açúcar e sua destinação final.

| ÍTEM                             | USOS DA ÁGUA EXTRAÍDA                     |
|----------------------------------|---|
| CULTIVO                          | Não utilizada - somente em casos críticos |
| LAVAGEM DA CANA                  | Recirculação – reposição de perdas.       |
| VINHOTO                          | Reuso na fertirrigação                    |
| REFRIGERAÇÃO DOS CRISTALIZADORES | Recirculação – reposição de perdas.       |
| ÁGUA MÃE DO MELAÇO               | Reuso na irrigação                        |
| ÁGUA DA FILTRAÇÃO                | Reuso na irrigação                        |
| PRODUÇÃO DE ÁLCOOL HIDRATADO     | Incorporação ao produto final.            |
| CALDEIRA                         | Produção de vapor.                        |

Fonte: Ampliação da Oferta de Energia Através da Biomassa – FIESP/CIESP - 2001

*Tabela 10: Utilização da água no processo produtivo.*

Verifica-se que a água extraída utilizada dentro do processo produtivo ou é recirculada ou incorporada ao produto. No caso do vinhoto é largamente utilizado como auxiliar na adubação, excetuando-se as pequenas destilarias que não possuem canais próprios.

Apesar do consumo elevado de água no processo produtivo do setor sucroalcooleiro, pode-se considerar que a disposição atual de efluentes para os mananciais é praticamente nula, mas, através de processos de lixiviação, uma significativa parcela dos nutrientes existentes no vinhoto podem, em algum momento, atingir os lençóis freáticos. Desta forma, faz-se necessário um plano sistemático de monitoramento de águas subterrâneas, coletando-se amostras e analisando-as, seguindo-se as normatizações técnicas da NBR 10.004/87 da ABNT.

O setor sucroalcooleiro deverá realizar a redução da captação de água de mananciais, em função da Lei Estadual 7.663/91, que estabelece as normas de orientação da Política Estadual de Recursos Hídricos, e prevê em seu artigo 14 a cobrança pela utilização destes recursos. A cobrança pelo uso da água, cuja regulamentação foi recentemente aprovada (PL 676), atingirá diretamente os setores industriais hidro-intensivos, principalmente o sucroalcooleiro, o maior consumidor de água dentre todos os setores industriais.

### **Efluentes líquidos**

As destilarias geram dois tipos de efluentes líquidos: efluente proveniente de resfriamento de equipamentos (oriundos do resfriamento de mancais, turbinas de moendas, geradores, dornas e condensadores, com temperaturas inferiores a 40°C) e águas residuárias que são enviadas às lavouras para a fertirrigação.

A produção de vinhaça é estimada em 11 litros/ litro de álcool, ou seja, 23 m<sup>3</sup>/hora de vinhaça para um volume de produção médio diário de álcool de 50 m<sup>3</sup>/dia.

### **Resíduos sólidos**

A Tabela 11 apresenta uma previsão dos resíduos sólidos gerados na indústria, quantidades diárias, classificação segundo a NBR 10004 (ABNT, 1987), o acondicionamento, armazenamento e disposição final.

## Emissões gasosas

A principal emissão atmosférica ocorre na queima incompleta de bagaço na caldeira, com liberação de material particulado composto basicamente de bagaço não queimado e impurezas minerais provenientes da lavoura. O controle se faz com sistema de retenção de fuligem de via úmida. Os gases produzidos na caldeira a bagaço são expelidos através das chaminés por sistema forçado de retirada através de ventiladores.

## Recursos humanos

A destilaria teria funcionamento sazonal. No período de safra, de maio a novembro, ocorreriam principalmente as operações de colheita da cana e industriais. Na entressafra, de dezembro a abril, a manutenção da indústria e o plantio da cana. O setor de produção industrial funcionaria, na safra, continuamente em 3 turnos de trabalho. Na entressafra, quando se faria a manutenção industrial, em um único turno de trabalho, das 7:00 às 17:00. O setor administrativo funcionaria o ano todo no horário da 7:00 às 17:00 horas.

A Tabela 12 apresenta a previsão dos recursos humanos necessários ao empreendimento. A maior parte dos funcionários a serem contratados residem em Flórida Paulista.

**Tabela 12:** Recursos humanos necessários ao empreendimento.

| Funcionários | Previsão |             |
|--------------|----------|-------------|
|              | Safra    | Entressafra |
| Efetivos     | 100      | 100         |
| Safristas    | 200      | 30          |
| Total        | 300      | 130         |

**Tabela 11:** Classificação e quantificação dos resíduos sólidos da área industrial.

| Resíduos Sólidos                           | Produção Específica     | Quantidade (diária) | Frequência | Classificação | Acondicionamento | Armazenamento  | Tratamento, Reutilização, Disposição.                    |
|--|-------------------------|---------------------|------------|---------------|------------------|----------------|--|
| bagaço                                     | 260 kg/tc               | 169 t               | Contínuo   | II            | Granel           | Céu aberto     | Reuso: queima na caldeira                                |
| cinzas e fuligem da caldeira (65%úmida de) | 0,02 m <sup>3</sup> /tc | 13 m <sup>3</sup>   | Contínuo   | II            | Moega            | Lavoura        | Aterro   |
| torta                                      | 0,02 m <sup>3</sup> /tc | 13 m <sup>3</sup>   | Contínuo   | II            | Moega            | Lavoura        | Reuso: como fertilizante                                 |
| lixo comum                                 | 0,04 kg/tc              | 25 kg               | Contínuo   | II            | Tambor           | -              | Aterro   |
| lixo laboratório                           | 0,02 kg/tc              | 13 kg               | Contínuo   | I             | Tambor           | -              | Aterro   |
| lodo fossa séptica                         | 0,3 l/pessoa/dia        | 75 l                | Período    | II            | Fossas           | -              | Lagoa de estabilização                                   |
| sucatas ferrosas                           | 0,27 kg/tc              | 70 kg               | Período    | III           | Granel           | Céu aberto     | Venda para reciclagem                                    |
| sucatas não ferrosas                       |                         |                     | Período    | III           | Tambor           | Almoxarifado   | Venda para reciclagem                                    |
| terra da lavagem da cana (75% lavada)      | 0,03 m <sup>3</sup> /tc | 70 m <sup>3</sup>   | Período    | III           | Granel           | Lavoura        | Recuperação de terrenos erodidos                         |
| óleos lubrificantes usados                 | 0,01 l/t cana           | 3 l                 | Período    | I             | Tambor           | A Almoxarifado | Reutilização na proteção de chapas ou queima na caldeira |

## Identificação dos impactos ambientais e as medidas mitigadoras

Na identificação dos impactos ambientais foi considerado o conhecimento acumulado sobre as consequências ambientais relativas à instalação e funcionamento deste tipo de empreendimento.

Muitas das medidas mitigadoras adotadas no setor sucroalcooleiro são, atualmente, operações normais incorporadas ao processo agroindustrial. Por exemplo, uma destilaria pode ser inviabilizada por não possuir áreas próximas e adequadas para a aplicação de resíduos na lavoura ou não adotar técnicas conservacionistas do solo no plantio evitando-se, sobretudo, a perda de terra fértil por erosão, ou por não usar o controle biológico para combater a broca-da-cana, ou ainda, por não minimizar os usos da água por meio de reaproveitamentos e recirculação e muitas outras medidas mitigadoras que são aqui apresentadas.

### Técnica da matriz de impactos

A Análise dos Impactos Ambientais (AIA) fundamentou-se na técnica da Matriz de Impactos, na qual se correlacionam as ações do empreendimento consideradas impactantes com os fatores ambientais passíveis de sofrer alguma modificação.

A técnica consiste na descrição, de forma direta, dos efeitos das ações geradoras de impactos (G), sobre os diferentes fatores ou atributos ambientais do ambiente referencial do projeto (F). Estabelecem-se as correlações entre as ações necessárias à implantação e os fatores ambientais considerados relevantes. Estas correlações materializam-se na matriz de impactos, com a ajuda da qual os principais impactos são identificados (G/F). Após, descrevem-se os impactos de forma sistemática, apresentados em listagens organizadas em função das ações geradoras, com indicações de suas qualificações em termos de significância, adversidade, reversibilidade, temporalidade, espacialização e possibilidades de mitigação ou controle.

### Componentes da matriz

O empreendimento foi analisado nas suas etapas básicas de implantação e operação, durante as quais se desenvolvem ações causadoras de impactos ambientais. As ações identificadas como não causadoras de impactos significativos foram desconsideradas.

### Ações consideradas de relevante interesse para a análise

- Ação 1: Levantamento da área para plantio: seria de 1.200 hectares para o início das atividades da indústria, safra 2006/2007.
- Ação 2: Aplicações de fertilizantes e agrotóxicos no plantio: uso de insumos agrícolas conforme as práticas usuais das operações agrícolas na lavoura de cana-de-açúcar.
- Ação 3: Fertirrigação: aplicação de vinhaça nas áreas de plantio.
- Ação 4: Queimadas: queima da palha para colheita manual da cana, praticada em áreas com declividades superiores a 12%, de acordo com procedimentos usuais da lavoura canavieira.
- Ação 5: Colheita manual: corte da cana após as queimadas, com utilização de utensílios de corte por trabalhadores braçais, empregados em caráter temporário para a atividade.
- Ação 6: Colheita mecanizada: colheita da cana realizada com máquinas colheitadeiras e também com

tratores, guinchos, transbordos e carretas, praticada em terrenos com declividades inferiores a 12%.

· Ação 7: Transporte: o transporte da cana colhida manualmente ou de forma mecanizada até os locais de processamento, com caminhões e treminhões, que transitam pelos carregadores, por estradas vicinais e, sempre que necessário, por rodovias estaduais.

· Ação 8: Recepção e lavagem: conjunto das operações de recepção e lavagem, que antecedem o início do processamento industrial da cana.

· Ação 9: Processamento industrial: os processos de produção de álcool, envolvendo, após a recepção e a lavagem, os vários procedimentos de transformação, aquisição e manuseio de insumos e matérias primas, consumo de energia e descartes de resíduos e efluentes sólidos, líquidos e gasosos, além da cogeração de energia elétrica a partir da queima de bagaço em caldeiras.

· Ação 10: Venda e transporte de produtos: a venda de produtos acabados, retirados da usina para destinos diversos por caminhões, abastecendo o mercado interno e/ou externo.

## **Fatores ambientais importantes**

### **Meio físico**

#### **· Vazões e disponibilidades hídricas**

Consideram-se as vazões de escoamento dos cursos d'água, os regimes de escoamento e as eventuais alterações causadas pelas intervenções previstas, as características naturais e/ou morfologia de rios e lagos, as características dos sistemas de drenagem que possam ser afetados pelo empreendimento e usos atuais e potenciais da água.

· Qualidade da água: refere-se às características físico-químicas e biológicas das águas superficiais.

· Qualidade da água subterrânea: refere-se às características físico-químicas e biológicas das águas subterrâneas.

· Erosão / assoreamento: processos pelos quais as partículas do solo são separadas e transportadas a outros locais por ação da água e do ar, influenciado pelo uso adequado ou não do solo e pelas alterações na cobertura vegetal.

· Qualidade do solo: refere-se à textura, cor, permeabilidade, pH, capacidade de trocas iônicas, conteúdo orgânico e inorgânico do solo.

· Qualidade do ar: refere-se às características físico-químicas do ar, concentração de material particulado, das substâncias gasosas diversas (monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, compostos de enxofre, etc.), que na região acham-se abaixo dos limites estabelecidos para a qualidade do ar.

### **Meio biótico**

· Vegetação: refere-se às espécies e as populações da vegetação terrestre com ocorrência na região.

· Áreas de preservação: as Áreas de Preservação Permanentes (APPs) e as áreas de reserva legal.

· Fauna terrestre: as espécies e populações de animais terrestres com ocorrência na região.

## Meio antrópico

**Estrutura fundiária:** a estrutura de propriedade da terra, a concentração e distribuição em pequenas, médias e grandes propriedades e as formas de ocupação dessas terras.

**Economia regional:** refere-se ao desenvolvimento de atividades econômicas primárias, secundárias ou terciárias em âmbito regional, associadas ao empreendimento, quer pelas conseqüências da produção e venda de cana-de-açúcar, quer por efeitos indiretos sobre a infra-estrutura regional.

**Emprego e renda:** as características do emprego em termos de sua distribuição por setores de atividades, nível de emprego, formas de subocupação e desemprego, e a estrutura das ocupações segundo níveis de qualificação, os níveis e a distribuição da renda pessoal.

**Infra-estrutura viária:** assume importância em termos locais e regionais, na medida em que a mesma possibilita o escoamento da produção e a movimentação dos insumos básicos, combustíveis, peças de reposição de maquinários e materiais de consumo em geral.

**Saúde:** sintetiza as condições de saúde e de vida das pessoas envolvidas nos trabalhos do empreendimento, potencialmente afetadas por doenças funcionais, por acidentes ou por intoxicações com substâncias líquidas ou gasosas. Consideram-se aqui as condições gerais de salubridade.

## Medidas mitigadoras

O plano de gerenciamento ambiental (PGA) constitui-se num conjunto de recomendações gerais para controle, mitigação e compensação dos impactos adversos e incremento dos impactos benéficos identificados na análise dos impactos ambientais, e em programas específicos de mitigação e controle ambiental, dos quais alguns apresentam caráter compensatório geral e buscam atender também a preceitos legais.

A essência do PGA, portanto, refere-se à etapa subsequente de planejamento executivo do projeto e à logística de construção, bem como à etapa de operação do empreendimento, detalhando providências que são inegáveis e indiscutivelmente de responsabilidade do empreendedor, bem como outras, que necessariamente, deverão contar com o apoio e suporte técnico de outras entidades e instituições.

## Detalhamento do controle ambiental

### Práticas Conservacionistas:

Na lavoura canavieira, altamente tecnificada, a mecanização está presente em praticamente todas as fases (preparo do solo, plantio, tratos culturais e colheita), causando alterações no meio físico terrestre, como erosão, assoreamento e compactação dos solos.

As alterações principais: o revolvimento do solo altera suas condições físicas; o desgaste do solo, pela remoção de seus elementos superficiais e/ou subsuperficiais e a compactação do solo, face à intensidade do uso de motomecanização, o que favorece o escoamento superficial da água pela maior resistência à infiltração.

A vantagem do cultivo de cana, sob este aspecto, é que se trata de uma cultura semiperene, ficando no solo por vários anos (cinco em média) o que favorece as práticas conservacionistas.

Pode-se afirmar que o desenvolvimento da cultura da cana, com as técnicas adequadas a proteção ao solo, determina, nesta região, um efeito positivo no controle da erosão.

## O combate à erosão

As atividades de preparo e manejo do solo provocam revolvimentos mecânicos, que, por sua vez, alteram a qualidade do solo, desagregando-o, facilitando a erosão e conseqüentemente o assoreamento de cursos de água.

O preparo e a conservação do solo devem ser planejados conforme o tipo de solo, a declividade do terreno e a modalidade da colheita (manual ou mecânica) para adoção das práticas mais adequadas.

### Terraceamento

Visando a proteção contra a erosão pela contenção das águas de chuva seriam construídos terraços de base larga, cujo dimensionamento e espaçamento, bem como modelos ou tipos, devem ser definidos de acordo com o tipo de solo, declividade do terreno e regime pluviométrico da região, construídos com motoniveladoras, tratores de esteira e terraceadores.

As águas são direcionadas, entre os terraços, para os sulcos de plantio, forçando a permanência na lavoura e evitando seu escoamento para carreadores e estradas. Com estas medidas, os processos erosivos do solo são minimizados a níveis que não causem assoreamento de cursos d'água.

### Plantio em nível

Aliada a outras práticas conservacionistas, como o terraceamento, a rotação de culturas, o reflorestamento de matas ciliares e a colheita de cana-crua, contribui para evitar o carreamento do solo para os cursos de água.

Outras práticas conservacionistas têm reflexos significativos no combate à erosão e manutenção do solo: a descompactação dos solos; a adubação verde e o reflorestamento com espécies nativas em áreas de preservação permanente e de reservas legais.

### Descompactação do solo agrícola

A compactação do solo em subsuperfície provoca problemas para o desenvolvimento normal das culturas, aumentando a resistência à penetração das raízes, diminuindo a disponibilidade de nutrientes, oxigênio e água, favorecendo o escoamento superficial por resistência à infiltração das águas, aumentando, em última análise, a susceptibilidade à erosão dos solos revolvidos na parte superficial.

Deve-se manter programa de levantamento de áreas compactadas, determinar a ocorrência e intensidade da compactação, avaliar a espessura, profundidade e densidade da camada compactada e não compactada.

Através da análise do perfil de compactação, executa-se a operação de descompactação por meio da subsolagem com subsoladores, mitigando-se assim os impactos correlacionados, como a perda de produtividade agrícola e aumento da susceptibilidade do solo à erosão.

Na prevenção à compactação do solo agrícola, utilizam-se carretas de transbordo no corte mecânico



com pneus de alta flutuação, com um maior número de eixos para melhor distribuição do peso e colhedeiças de cana dotadas de esteira.

### **Adubação verde e rotação de culturas**

A adubação verde é uma prática agrícola milenar, com o objetivo de melhorar a capacidade produtiva do solo, adicionando material orgânico vegetal não decomposto de plantas cultivadas exclusivamente para este fim e utilizadas antes de completar o seu ciclo vegetativo.

A adubação verde pode ser realizada com diversas espécies vegetais, com a preferência pelas leguminosas pela fixação de nitrogênio por simbiose com as bactérias fixadoras em suas raízes, e favorece a manutenção do solo com cobertura vegetal nos períodos sujeitos a erosão, protegendo os solos arenosos ou podzolizados em relevo acentuado, bem como permitindo o “bombeamento” dos nutrientes que se encontram em subsuperfície.

### **Reflorestamento de áreas de preservação permanente**

As matas ciliares são áreas de preservação permanente, protegidas por legislação específica (Código Florestal) e protegem os recursos hídricos, minimizando os problemas de erosão e assoreamento. Estas áreas acham-se alteradas na região, em maior ou menor grau, na maior parte dos casos com vegetação natural ausente.

A destilaria deve manter um viveiro de mudas de árvores nativas que dê suporte ao programa permanente de recuperação da vegetação em áreas de preservação permanente e nas reservas legais, de forma a cumprir com a legislação no que se refere aos prazos para a recuperação destas áreas.

### **Controle biológico da broca-da-cana**

O uso de inseticidas para o controle da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*) não é adotado com sucesso nas condições brasileiras. A solução é o controle biológico desta praga, dispensando o uso de quaisquer produtos químicos.

A broca-da-cana, que ocorre naturalmente nos canaviais, é o único alimento utilizado na criação dos parasitóides. Uma vez produzidas as lagartas em laboratório faz-se a inoculação dos parasitóides, *Cotesia flavipes*, mosca parasitóide da fase larval, produzida em laboratório entomológico na cidade de Sertãozinho-SP.

### **Armazenamento seguro de produtos fitossanitários**

Os critérios para a edificação do almoxarifado destes produtos:

com paredes sólidas e coberturas;

fechada a chave;

com aberturas e exaustores para a ventilação, com proteção de modo a não permitir o acesso de animais e de pessoas não autorizadas;

a distância segura de locais de fontes de águas, habitações, armazenamento de medicamentos e outros materiais, e refeitórios;

com placas e cartazes afixados com o símbolo de perigo;  
o planejamento da edificação de forma que, em caso de derramamento, o ambiente venha a oferecer condições de remoção e descontaminação.

### **Forma de armazenamento**

os produtos devem ser acondicionados em suas embalagens originais (vasilhames e caixas) sobre estrados, evitando-se o contato com o piso e as paredes;

o acondicionamento na embalagem original facilita a identificação do produto;

de forma separada por classe (herbicida, acaricida, etc.);

com o empilhamento de modo a manter o equilíbrio estável da pilha, observando-se as recomendações do fabricante;

dos produtos inflamáveis em local suficientemente ventilado e onde não haja possibilidade de centelhas e outras fontes de combustão;

em casos de embalagens danificadas, o seu conteúdo deve ser transferido para uma outra embalagem devidamente rotulada e os materiais danificados e não recuperáveis devem ser descartados de acordo com as instruções das autoridades responsáveis pela fiscalização e dos fabricantes;

em hipótese alguma se usa o método de reembalagens, dividindo o conteúdo de uma embalagem original em quantidades menores.

### **Seleção de produtos fitossanitários**

A seleção de defensivos agrícolas menos agressivos ambientalmente. Esta medida, de caráter preventivo, visa resguardar contaminações difusas e a proteção dos trabalhadores envolvidos.

Os produtos, além do manuseio adequado, devem ser das classes toxicológicas III e IV, menos tóxicos, evitando-se os produtos de classes toxicológicas I e II, e utilizados mediante receituário agrônomico e de acordo com recomendações técnicas do produto, precauções de utilização, primeiros socorros em casos de acidente, informações sobre antídoto e tratamento, advertências relacionadas à proteção do meio ambiente, instruções sobre disposição final de embalagens, equipamentos de proteção individual e informações adicionais, devidamente assinado por profissional responsável e pelos usuários, previamente treinados.

### **A proteção dos trabalhadores**

As seguintes medidas são previstas: a aplicação e o manuseio de defensivos químicos far-se-ia por funcionários capacitados através de treinamentos internos, sendo obrigatório o uso dos métodos e o atendimento às normas de segurança; os funcionários envolvidos devem ser submetidos a exames médicos periódicos; o transporte dos defensivos agrícolas efetuado por motoristas treinados em transporte de cargas perigosas; o treinamento de segurança na manipulação e aplicação de defensivos para todos os envolvidos na operação; o uso de todos os equipamentos de proteção individual, de acordo com as necessidades e formas de aplicação; o afastamento de pessoas não envolvidas na operação; nunca aspirar defensivos utilizando-se mangueiras ou outros utensílios ou manusear produtos em pó contra o vento ou de forma a desprender poeiras; o manuseio de defensivos deve ser em local ventilado.

## **Manuseio e disposição final de embalagens**

Todas as embalagens vazias de defensivos agrícolas utilizadas na lavoura passariam pela tríplice lavagem e em seguida seriam inutilizadas com furos e armazenadas na empresa em depósito seguro e arejado até formar um lote (uma carga de caminhão), para então serem transportadas para uma central de recebimento de embalagens de defensivos agrícolas. A calda dessa lavagem vai para o tanque de aplicação do pulverizador, conforme a legislação.

## **Irrigação com águas residuárias**

As águas residuárias, compostas basicamente dos efluentes de lavagem de pisos e equipamentos dos prédios da destilaria, das moendas, das caldeiras, e da caixa de areia da lavagem de cana, seriam encaminhadas para as lagoas de estabilização e posteriormente bombeadas para a irrigação da lavoura.

O volume estimado é de 20 m<sup>3</sup>/h, aplicado em uma área de 700 hectares, representando 80 mm na safra. Este procedimento evita despejos, mesmo após tratamento na lagoa de estabilização, em cursos de água.

## **Fertirrigação da lavoura de cana**

A fertirrigação como medida mitigadora visa à proteção dos recursos hídricos, tendo em vista o alto potencial poluidor da vinhaça e a melhoria da fertilidade do solo, com aumento de produtividade e maior longevidade das soqueiras devido à incorporação de matérias orgânicas e nutrientes ao solo. Esta medida já é parte integrante da atividade agroindustrial do setor sucroalcooleiro e substitui total ou parcialmente, a adubação mineral da cultura canavieira, e assim reduz os custos com fertilizantes e aumenta os ganhos de produtividade.

A vinhaça é transportada por canais e caminhões e aplicada com equipamentos de aspersão.

No caso dos caminhões-tanque ela é transportada desde um ponto de carregamento até a área de aplicação onde a moto-bomba é engatada diretamente no caminhão-tanque para aspersão.

No caso dos canais, a vinhaça é recalçada da destilaria para os tanques de armazenamento, sendo em seguida distribuída por gravidade, para posteriores aplicações por aspersão nas áreas de fertirrigação e a partir dos canais secundários.

A produção estimada na destilaria seria de 11,0 litros de vinhaça por litro de álcool. Antes de ser conduzida a lavoura, a vinhaça passa pelo sistema de concentração em torres de resfriamento, que provoca a redução deste efluente em cerca de 8% em volume. A aplicação prevista de 140 m<sup>3</sup>/ha é racional, uma vez que se pode admitir com segurança dosagens menores de 150 m<sup>3</sup>/ha.

## **Os cuidados na aplicação da vinhaça**

A aplicação de vinhaça exige que se respeite a distância de no mínimo 200 m de quaisquer coleções hídricas e a construção de taludes de proteção, à jusante das áreas de fertirrigação, para conter eventuais excessos de resíduos que possam atingir os corpos d'água.

As áreas ao redor dos canais devem ter terraços embutidos, que servem de contenção para qualquer

possível vazamento ou erro de aplicação que possam vir a ocorrer.

Na eventual transposição de corpos d'água por adutoras de resíduos líquidos, estas devem ser envelopadas por tubulação de proteção de maior diâmetro, evitando-se que eventual rompimento da adutora interna provoque o lançamento imediato dos resíduos.

A taxa de aplicação de resíduos líquidos, sempre inferior à capacidade de infiltração do solo, evita o escoamento superficial.

### **Implantação gradativa da colheita da cana crua**

No estado de São Paulo, o último instrumento legal que trata deste assunto é a Lei 10.547 de 02/05/2000, regulamentada pelo Decreto 45.869 de 22/06/2001, que estabeleceu a eliminação da queima da palha da cana em áreas passíveis de mecanização da colheita, de forma gradativa, não podendo a redução ser inferior a 25% da área de cada unidade a cada período de cinco anos. Estabelece, ainda, como área mecanizável aquela cuja declividade seja inferior a 12%. Proíbe, ainda, a partir de 2003 a queima na faixa de 1 km de aglomerado urbano de qualquer porte, delimitado a partir do seu centro urbanizado, se superior, de 500 metros a partir de seu perímetro urbano. Na implantação da destilaria em questão registra-se o compromisso de adaptação gradativa à tecnologia de colheita de cana crua, o que exigirá a aquisição de máquinas, plantio de variedades de cana mais aptas ao corte mecânico e adaptação do processo industrial para receber uma maior quantidade de resíduos (palha).

### **Segurança no armazenamento de produtos perigosos**

São medidas preventivas para se evitar impactos relacionados ao derramamento de produtos e efluentes: álcool, águas residuárias e vinhaça. São eventos de baixo risco de ocorrência, mas precisam ser prevenidos, pois o rompimento de tanques de vinhaça, se esta atinge os cursos d'água, causa a mortandade maciça de peixes e outros organismos, pela depleção do oxigênio dissolvido na água, sem falar nos efeitos de toxicidade direta no caso de um derramamento de álcool.

O tanque de águas residuárias, além da sua construção no ponto mais elevado das áreas de aplicação, achar-se-ia rodeado de curvas de nível para conter qualquer derramamento eventual, longe dos corpos d'água, a distância superior a 200 m, conforme exige a Portaria nº 124, de 22/08/80 do Ministério do Interior.

O parque de tanques reservatórios de álcool está previsto em área distante da indústria, com sistemas de segurança composto por bacias de contenção e a possibilidade de transferências de álcool de um tanque sinistrado para outro.

A explosão de um tanque de álcool pode ser causada pela ignição da mistura de vapor de álcool e ar que pode ocorrer no interior do tanque, acima da superfície do líquido. A intensidade da explosão é proporcional ao espaço ocupado pela mistura, podendo ocorrer desprendimento total ou parcial do teto ou rasgos no mesmo, expondo a superfície do líquido ao ar e iniciando o incêndio.

Atribui-se ainda a respiros, não protegidos com corta chamas, a responsabilidade pela penetração do fogo no interior do tanque e sua conseqüente explosão. As conseqüências mais catastróficas de um acidente com tanque de álcool são os arremessos do teto, a queima total do álcool no interior do tanque e a deformação completa do mesmo, portanto, danos materiais.

Os tanques de álcool devem ser construídos segundo a norma NBR-7820 que recomenda di-

mensionamentos de costado, teto, fundos, fundações e outros, de modo que, em caso de explosão, o teto erga-se e o costado e fundo permaneçam íntegros para evitar vazamentos.

Para se evitar incêndios originados por descargas atmosféricas os tanques devem ser aterrados e protegidos por pára-raios. Os aterramentos dos tanques e tubulações propiciam proteção contra acidentes elétricos onde cabos energizados possam entrar em contato com a tubulação fora do parque de tanques.

A aproximação de balões em épocas de festas juninas deve ser prevenida por programa específico de vigilância.

Na eventualidade da ocorrência de um incêndio faz-se o resfriamento do tanque vizinho para se evitar a propagação e retira-se álcool do tanque sinistrado, pelo fundo, transferindo-o para outros tanques de modo a reduzir os prejuízos.

### **Tratamento e recirculação de água. O circuito de lavagem de cana**

A operação de lavagem retira as impurezas minerais que chegam incorporadas à cana-de-açúcar, gerando um efluente com alto teor de matéria orgânica em decorrência da lavagem do caldo das pontas do tolete e do caldo exsudado na queima da cana, bem como grande quantidade de terra (areia e argila) trazida da lavoura devido ao carregamento mecânico, estimada em 1 a 3% em peso nas épocas secas, e em 3 a 5% nas épocas chuvosas, que deve ser removida em função do desgaste que pode provocar em equipamentos (bombas, tubulações, moendas, caldeiras e exaustores) além de sobrecarregar o processo nas fases de decantação e filtração.

A lavagem da cana é feita por aspersão de água sobre o colchão de cana nas mesas alimentadoras, variando, em função do tipo da mesa existente na indústria, de 3 a 10 m<sup>3</sup> de água por tonelada de cana. Inicialmente esta água passa por um peneiramento contínuo de toletes e palhas da cana arrastadas durante a lavagem e é em seguida tratada em caixas de decantação retangulares chamadas “caixas de areia”, sendo após recirculada para as mesas de lavagem de cana.

A decantação promove a remoção dos sólidos em suspensão arrastados pela água de lavagem sendo preciso a correção de pH pela adição de leite de cal até a faixa de pH 10 a 11 para se evitar os problemas de deterioração da água por fermentações e a corrosão de equipamentos.

O efluente líquido que resulta da drenagem por ocasião da limpeza das caixas é bombeado para a fertirrigação da lavoura de cana e o resíduo sólido acumulado removido por pá carregadeira e transportado por caminhões basculantes para disposição na lavoura de cana em áreas de reforma.

### **Circuito de resfriamento da destilaria**

O resfriamento da água utilizada nos trocadores de calor do mosto, dornas e condensadores da destilaria é feito em um conjunto de torres de resfriamento, anteriormente utilizadas para resfriamento de águas das colunas barométricas da fábrica.

### **Circuito de lavagem de gases da chaminé**

Na retenção de particulados lançados pelas chaminés das caldeiras recomenda-se o uso de retentores

por via úmida. A destilaria deve instalar lavadores de gases para o controle de poluição atmosférica referente às caldeiras.

### Lavagem das roupas hidro-repelentes utilizadas na aplicação dos defensivos

No sentido de prevenir eventuais contaminações das águas superficiais com águas contaminadas pela lavagem de roupas hidro-repelentes utilizadas na aplicação de defensivos agrícolas, a destilaria deve construir uma lavanderia exclusivamente para esta finalidade, sendo o efluente líquido resultante destinado à lavoura de cana.

### Emissões de gases das caldeiras

A queima de bagaço em caldeiras apresenta como principal problema o material particulado, uma vez que os demais componentes gasosos estão em concentrações desprezíveis. A redução da emissão de materiais particulados se faz com o uso de retentor de fuligem via úmida nas caldeiras.

### Manuseio adequado dos resíduos sólidos industriais

Os resíduos sólidos se constituem em material potencialmente poluidor do solo, podendo desencadear ainda outros problemas como: poluição das águas superficiais e subterrâneas, aumento de vetores e proliferação de ratos.

Os resíduos sólidos orgânicos resultantes do processo industrial podem ser aplicados na lavoura como fertilizante do solo: torta de filtro, terra de lavagem de cana e a fuligem dos lavadores de gases de chaminé ou queimados para se obter energia.

### Bagaço

Origina-se da extração do caldo nas moendas e é reutilizado para a queima nas caldeiras que produz vapor, com conseqüente geração de energia elétrica para a indústria. A quantidade de bagaço gerado depende do teor de fibra na cana, estimado em 12,5%. Em média tem-se 0,25 toneladas de bagaço por tonelada de cana, com um teor de umidade de 50%.

As características físico-químicas deste resíduo são apresentadas na Tabela 13.

**Tabela 13:** As características físico-químicas do bagaço.

| PARÂMETROS      | VALORES (%) |
|-----------------|-------------|
| Carbono         | 47%         |
| Hidrogênio      | 6,5%        |
| <b>Oxigênio</b> | 44%         |
| Sacarose        | 1 a 4%      |
| Cinzas          | 2,5%        |
| Umidade         | 48 a 52%    |

A utilização deste resíduo para queima nas caldeiras é contínua, sendo ele transportado por esteiras da moenda até a entrada da fornalha. O excedente armazena-se no pátio de bagaço, sendo aí manipulado por pá-carregadeira, para retornar às esteiras suprindo eventuais deficiências na alimentação das caldeiras. A sobra de bagaço da safra deve ser guardada em armazém coberto ou em pátio coberto com lona plástica para ser utilizada na próxima safra.

### Cinzas da caldeira e dos retentores de fuligem

Os resíduos da limpeza da fornalha da caldeira e do sistema retentor de fuligem da chaminé, com produção estimada em 12 a 15 kg/t. de cana e umidade de 85 a 90%, são enviados às caixas de decantação e destas levadas por caminhões basculantes para as áreas de reforma do canavial, juntamente com a torta de filtro, funcionando como um condicionador do solo, pois possuem matéria orgânica e o potássio: contribui-se assim para a redução do consumo de fertilizantes minerais ao mesmo tempo em que se evita a disposição inadequada destes resíduos que poderiam causar poluição em cursos d'água. O uso de um sistema de prensagem de fuligem reduz a umidade para 60 a 65% e proporciona redução de volume.

### Torta de filtro

A torta de filtro é o resíduo do processo de clarificação do caldo de cana, mais propriamente dos decantadores de caldo, de onde é removido um lodo que misturado com o bagacilho é enviado para os filtros rotativos a vácuo, visando recuperar a sacarose contida neste lodo. Desta operação, resulta a torta de filtro, recolhida em moegas e retirada da destilaria através de caminhões basculantes, sendo distribuída em áreas de reforma dos canaviais. A produção estimada de torta no processo industrial é de cerca de 15,60 kg por tonelada de cana moída. A dose aplicada nos sulcos de plantio de cana é, em média, 44 t/ha.

A composição da torta de filtro é apresentada na Tabela 14.

**Tabela 14:** Composição físico-química da torta de filtro.

| Parâmetros                                  | Valores         |
|---|-----------------|
| <b>Fibra</b>                                | <b>6 a 10%</b>  |
| <b>Umidade</b>                              | <b>65 a 75%</b> |
| <b>Açúcar</b>                               | <b>2 a 4%</b>   |
| <b>Sólidos solúveis</b>                     | <b>2 a 4%</b>   |
| <b>Sólidos não solúveis</b>                 | <b>17 a 25%</b> |
| <b>Nitrogênio</b>                           | <b>1,67%</b>    |
| <b>Fosfato (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b> | <b>1,70%</b>    |
| <b>Potássio (K<sub>2</sub>O)</b>            | <b>0,34%</b>    |
| <b>CaO</b>                                  | <b>2,71%</b>    |
| <b>MgO</b>                                  | <b>0,43%</b>    |
| <b>Carbono</b>                              | <b>60%</b>      |
| <b>pH</b>                                   | <b>6,4</b>      |

Fonte: *Ampliação da Oferta de Energia Através da Biomassa – FIESP/CIESP - 2001*

### Lixo comum

Os resíduos sólidos provenientes de escritório, sanitários e variação, compostos, principalmente, por papéis, estopas, bagacilhos e plásticos seriam acondicionados em sacos plásticos pretos, armazenados em abrigo apropriado, coletados três vezes por semana pela Prefeitura Municipal.

### **Lixo do laboratório**

É composto por restos de bagaço das análises, embalagens e papéis de filtro usados nas análises químicas do caldo, estes com traços de acetato de chumbo, o que lhe confere periculosidade. Neste caso, classifica-se como resíduo de classe I pela norma NB 10.004 da ABNT. Em função do volume reduzido é possível a sua queima na caldeira pois a temperatura atingida de 1.000C destrói o acetato de chumbo.

### **Lodo das fossas sépticas**

Na entressafra seria feita a limpeza das fossas sépticas da destilaria. O lodo retirado, de consistência pastosa, enviar-se-ia para as lagoas de estabilização. Segundo a norma NBR 7229 da ABNT o seu volume é estimado em 0,3 litros de lodo fresco/pessoa/dia.

### **Sucatas ferrosas e não ferrosas**

As sucatas são provenientes da manutenção da destilaria, trocas de equipamentos, tubos e chaparias. As ferrosas, principalmente aço carbono e aço inox, podem ser dispostas a granel em local aberto. As sucatas não ferrosas, principalmente cobre e bronze, devem ser armazenadas em tambores em almotarifa-do. Ambas seriam comercializadas no fim da safra com empresas de reciclagem que se encarregam da retirada dos materiais.

### **Óleos lubrificantes usados**

Decorrem das trocas de óleo de lubrificação de veículos, redutores e turbinas. Coleta-se e armazenam-se estes resíduos, classe I da ABNT, em tambores de 200 litros. São em parte reutilizados na destilaria para a lubrificação de correntes e na proteção de chaparias, e o restante deve ser comercializado com empresa que na região já faz a reciclagem de óleos lubrificantes.

### **Segurança no transporte da cana**

A melhoria e conservação da rede viária na área de interesse, a cargo do empreendedor, contribuiriam para o desenvolvimento local, visto que esta serve à comunidade em geral, facilitando os acessos e escoamento de outras produções agrícolas.

Os impactos mais relevantes que a lavoura canavieira causa no sistema viário referem-se à poluição das estradas com a queda dos colmos, se estes estão mal acondicionados ou em excesso; o peso dos veículos, que pode causar deterioração de rodovias; o acúmulo de barro nas pistas pavimentadas e os problemas de segurança no transporte de máquinas, de cana e no tráfego, face ao comprimento excessivo dos caminhões. A utilização dos chamados "bituqueiros" minimiza a sujeira nas estradas com cana perdida no transporte.

No estado de São Paulo, o Departamento de Estradas de Rodagem da Secretaria dos Transportes tem apregoado as medidas para a proteção do trânsito e das estradas, baseadas nos seguintes itens a serem seguidos:

- o acondicionamento adequado da cana, retirando-se as canas soltas;



- as condições de segurança dos veículos e o uso de equipamentos obrigatórios;
- o transporte da cana sem excesso de peso;
- o uso adequado do acostamento;
- a remoção mecânica de barro dos caminhões, para se evitar seu acúmulo nas pistas;
- as medidas de segurança no transporte e locomoção das máquinas e implementos agrícolas.

### Produção de álcool combustível e de resíduos com fins energéticos

A produção do álcool combustível é, por si só, atividade de interesse ambiental. A cogeração de energia elétrica a partir do bagaço pode substituir em parte a energia hidroelétrica convencional, que depende da construção de barragens, atenuando-se assim os impactos provocados ao meio ambiente pela inundação de grandes áreas e eliminação de florestas, liberando-se  $\text{CO}_2$  que estava “imobilizado” e em equilíbrio na forma de madeiras e que passa a compor a atmosfera, também contribuindo para o efeito estufa.

O uso do álcool combustível em substituição à gasolina, por sua vez, reduz a emissão de  $\text{CO}_2$ . No caso do álcool o  $\text{CO}_2$  produzido pela combustão no motor é retirado da atmosfera pela planta cana, fechando-se o ciclo, diferentemente do que acontece com os combustíveis fósseis que produzem novo  $\text{CO}_2$  liberado do petróleo, cujo carbono estava estabilizado nas profundezas da terra.

O balanço de gases de efeito estufa na agroindústria da cana-de-açúcar foi analisado por Macedo (1997). Concluiu que as parcelas de carbono produzidas e consumidas num período de um ano se cancelam e os efeitos líquidos da participação da agroindústria da cana na produção/consumo de  $\text{CO}_2$  atmosférico podem assim serem resumidos:

aumenta-se o teor de carbono atmosférico pelo uso de combustíveis fósseis na produção de cana, e de álcool.

reduz-se a taxa de aumento de carbono atmosférico pela substituição de gasolina por álcool.

reduz-se a taxa de aumento de carbono atmosférico pela substituição do óleo diesel combustível por bagaço na produção de açúcar e álcool e em outros setores industriais.

Reduz-se o teor de carbono atmosférico pela incorporação de matéria orgânica ao solo na cultura de cana (este item não foi quantificado na análise).

A magnitude da emissão de outros gases estufa também foi estimada, incluindo-se as emissões de metano na queima da cana-de-açúcar e de protóxido de nitrogênio ( $\text{N}_2\text{O}$ ) do solo. A Tabela 15 apresenta a contribuição líquida da agroindústria da cana na taxa de redução de  $\text{CO}_2$  (equivalente).

**Tabela 15:** A contribuição líquida da agroindústria da cana na redução da taxa de  $\text{CO}_2$  (equivalente).

|   | $10^6$ t carbono/ano |
|---|----------------------|
| A substituição de gasolina por álcool   | - 9,13               |
| A substituição de óleo combustível por bagaço<br>(Indústria de alimentos e química) | - 5,20               |
| O uso de combustível fóssil na agroindústria da cana                                | + 1,28               |
| As emissões de metano pela queima de cana-de-açúcar                                 | + 0,06               |
| As emissões de $\text{N}_2\text{O}$   | + 0,24               |
| A contribuição líquida (seqüestro de carbono)                                       | - 12,74              |

Fonte: Macedo, I. C., 1997

Os resultados obtidos mostram que o valor líquido das emissões evitadas de  $\text{CO}_2$  (equivalente) foi de 12,74 x  $10^6$  t C por ano, ou 46,7 x  $10^6$  t  $\text{CO}_2$  (equivalente). Isto representa cerca de 20% de todo  $\text{CO}_2$  emitido pela queima de combustíveis fósseis no Brasil. O programa de produção de álcool parece ser uma boa estratégia para se evitar o acúmulo de gases estufa na atmosfera e contribuir para reverter a tendência de aquecimento global. (Macedo, 1997)

## Conclusão

Conclui-se que o empreendimento, nos termos discutidos, seria viável dos pontos de vista tecnológico, sócio-econômico e ambiental, pois traz benefícios sócio-econômicos regionais, desde que se utilize de tecnologias industriais modernas e práticas agrícolas conservacionistas, com a adoção das medidas mitigadoras adequadas, entre as quais se destacam:

A redução gradativa da colheita da cana queimada e a implementação da colheita mecanizada;

A recirculação de águas do processo industrial em sistemas fechados, como na lavagem de cana e resfriamento de água das colunas barométricas;

A redução de captação de água bruta, necessidade inclusive econômica pela aplicação futura prevista do princípio usuário-pagador no estado de São Paulo e o uso da fertiirrigação, com monitoramento rigoroso para se evitar contaminações, em particular das águas subterrâneas;

A utilização do bagaço para a cogeração, em substituição a energia elétrica convencional;

O uso de resíduos industriais, como a torta de filtro, para incorporação de matéria orgânica ao solo;

A adoção generalizada das práticas conservacionistas do solo, o monitoramento da compactação dos mesmos e a recuperação permanente e progressivas da vegetação das áreas de preservação permanente e reservas legais, considerando os elevados riscos de erosão relacionados aos aspectos pedológicos e geomorfológicos. A utilização do álcool combustível no Brasil permitiu o domínio pelo país de uma tecnologia única no mundo, favorecendo o desenvolvimento econômico e do nível de empregos. Destacamos em especial os benefícios de ordem ambiental com relação ao balanço de gases de efeito estufa, conforme demonstrado por Macedo, 1997, em análise detalhada do balanço do carbono na agroindústria da cana-de-açúcar.

A crise de abastecimento de energia elétrica recente aponta para mudanças na matriz energética brasileira no sentido de maior sustentabilidade sócio-econômico-ambiental, com destaque crescente para o potencial de cogeração do setor sucroalcooleiro.

## Referências

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). **NBR 10.004 Resíduos sólidos: classificação**. São Paulo, ABNT.

BENEDINI, M.S. **Recomendação de Calcário para a Cana-de-Açúcar**. In: Seminário de Tecnologia Agrônômica, 4º, São Paulo, Coopersúcar, 1989.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Livroceres, 1985.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J.E.W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo, CETESB, 1993.

CBH-AP. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos das Bacias dos Rios Aguapeí e Peixe.** São Paulo, DAEE, 1997. CDROM.

CEBDS. **Roteiro Básico para Elaboração de um projeto do mecanismo de desenvolvimento limpo.** Conselho Empresarial Brasileiro para o desenvolvimento Sustentável, 2002. Disponível em: <<http://www.cebds.com.br>> Acesso em: 14 set. 2004.

DURIGAN, G., MELO, A.C.G. de, MAX, J.C.M., VILAS BÔAS, O., CONTIERI, W.A. **Manual para a recuperação das matas ciliares do Oeste Paulista.** São Paulo: Páginas & Letras. Instituto Florestal/CINP/Secretaria do Meio Ambiente, 2001.

FIESP/CIESP. **Ampliação da Oferta de Energia Através da Biomassa,** 2001.

IAA/PLANALSÚCAR. **Guia das Principais Pragas da Cana-de-Açúcar no Brasil.** Piracicaba: [s.n.], 1977. 29p.

LOPES, I.V. **O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: guia de orientação.** Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2002. 90 p.

MACEDO, I. C., **Greenhouse Gas Emissions and Bio-Ethanol Production/Utilization in Brazil,** Internal Report, CTC-05/97, Jan/1997, Copersucar, Piracicaba-SP.

MACHADO, R. **Álcool energia verde.** São Paulo: Iqual Editora, 2002.

MORAES, M. A.F.D. & SHIKIDA, P.F.A. **Agroindústria Canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios.** São Paulo: Ed. Atlas, 2002.

ORLANDO FILHO E LEME, 1984. Fluxograma Simplificado apresentando quantidades médias de produtos e subprodutos gerados na industrialização da cana-de-açúcar. **Revista Saneamento Ambiental,** [S.l.], n.11, Dez.1990.

RAIJ, B. van; SPIRONELLO, A. **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo,** 2 ed. Campinas, Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996 p. 237-239.

SILVA, F. C. da . **Levantamento de Modelos Matemáticos aplicados a cana-de-açúcar,** 1ª edição; Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, Doc. 1, 2001:26p.

WAACK, R. S. & NEVES, M. F. **Competitividade do Sistema Agro-industrial da cana-de-açúcar.** 1998.

# **Impactos Ambientais do Projeto de Implantação da Estação de Tratamento de Esgotos da Sabesp na Sub-bacia do Córrego Tocantins, Adamantina, São Paulo**

*Environmental Impacts of the Project of Implantation of the sewers treatment Station of sabesp in the Sub-basin of the Tocantins Stream, Adamantina, São Paulo*

**Michele Cristina Barreto da Cruz - Juscelina Alves Nunes**

**Lilian Agra Camargo Arruda - Mauro Montenegro**

Discentes de Pós Graduação "Latus Sensu" na FAI - Identificação de Agentes Poluidores Avaliação de Impactos Ambientais

**Jodir Pereira da Silva**

Doutor em Oceanografia Biológica pela Universidade de São Paulo e docente na FAI;

**Rogério Menezes de Mello**

Mestre em Oceanografia Biológica pela Universidade do Rio Grande docente na FAI

**Rogério Buchala**

Docente na FAI

## **Resumo**

Discute-se a implantação de projeto da estação de tratamento de esgotos da SABESP - Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo - na sub-bacia do córrego Tocantins, Adamantina, e os possíveis impactos ambientais.

As observações na área estudada (córregos Tocantins e dos Ranchos) mostram o grau de poluição atual de suas águas. Estes córregos recebem, sem nenhum tratamento, o esgoto sanitário doméstico do lado oeste da cidade (cerca de 60% de todo esgoto dos mais de 30.000 habitantes). Devido a grande quantidade de matéria orgânica no esgoto lançado no córrego Tocantins, suas águas se tornaram escuras e mal cheirosas e a vida aquática praticamente desapareceu.

No lado leste, existe uma lagoa que trata cerca de 40% dos efluentes domésticos coletados, lançados, após este tratamento, no ribeirão Boa Esperança.

Os possíveis impactos ambientais foram avaliados pelo método G.U.T. e as medidas mitigadoras sugeridas.

### **Palavras-chave**

Tratamento de esgoto, impactos ambientais, medidas mitigadoras.

### **Abstract**

It is argued implantation of the station of treatment of sewers in the sub-basin of the Tocantins stream, Adamantina, and the possible environmental impacts. The observations in the studied area ("Tocantins" and the "Ranchos" streams) show the degree of current pollution of its waters. These streams receive, without any treatment, the domestic sanitary sewer of the side west of the city (about 60% of all sewers of more than the 30,000 inhabitants). Due to great amount of organic substance in the sewer launched in the "Tocantins" stream, its waters if had become dark and badly and the aquatic life practically disappeared. In the side east, a lagoon exists that treats about 40% the effluent collected domestic servant, launched, after this treatment in the "Boa Esperança" stream. The possible environmental impacts had been evaluated by method G.U.T. e the suggested reliever measures.

### **Key word**

Treatment of sewer, environmental impacts, reliever measures.

### **Introdução**

A sociedade sempre procurou esconder os efluentes produzidos, para não tratá-los, e fazer o lançamento dos esgotos bem longe dos sítios urbanos, mesmo que pudessem afetar a qualidade de vida das populações à jusante. No início, se observava apenas o caráter positivo das Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), como parte dos Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES), eram consideradas medidas mitigadoras das redes coletoras de esgotos. Os impactos ambientais e os transtornos às populações vizinhas ou situadas rio abaixo não eram avaliados.

Com os avanços dos estudos de impactos ambientais foram disponibilizadas ferramentas de mitigação de impactos negativos ou potencialização dos positivos com a implantação dos Sistemas de Gestão Ambiental - SGA em ETEs. A importância do desempenho ambiental das estações de tratamento tem repercussões locais que envolvem solo, ar e recursos hídricos e atingem um dos principais ciclos biogeoquímicos, o da água, fundamental para manutenção da saúde do seres vivos e o equilíbrio ecológico do meio ambiente (PASQUALETTO, *et al.*, 2003).

Este trabalho tem a finalidade de auxiliar os profissionais da área de saneamento, considerando a pouca disponibilidade de informações e bibliografias sobre o assunto, como roteiro na avaliação de impactos de projetos de ETEs e na adoção das medidas ambientais, procurando-se identificar, caracterizar e priorizar os impactos associados aos processos físicos e biológicos do tratamento dos efluentes previstos no projeto da ETE – Oeste, sub-bacia do córrego Tocantins, Adamantina, SP. Assim, pretende-se contribuir para o desenvolvimento de metodologias de Avaliação de Impactos Ambientais em projetos de ETEs, buscando-se minimizar os impactos negativos da construção e operação e potencializar os positivos sobre os aspectos físico-químico, biológico e sócio – econômico.

**O lançamento de esgotos *in natura* e seus impactos**

O esgoto sanitário é constituído das águas servidas, coletadas nas áreas residenciais, comerciais e institucionais da cidade, e podem, ou não, receber efluentes industriais.

Em média, a composição do esgoto sanitário é de 99,9% de água e apenas 0,1 % de sólidos, com cerca de 75% desses sólidos constituídos por matéria orgânica em decomposição. Aí proliferam os microorganismos oriundos das fezes humanas, inclusive, dependendo da saúde da população, os patogênicos. Se houver misturas com efluentes industriais podem estar presentes poluentes tóxicos, em especial os fenóis e os chamados “metais pesados”. Registre-se que as ETEs não retiram tais poluentes, apenas “condensam” em menores distâncias o processo natural de mineralização biológica das matérias orgânicas.

Se este esgoto é lançado *in natura* nos corpos de água, e dependendo das relações entre as vazões de esgoto lançado e do corpo receptor, ocorrem sérios prejuízos à qualidade da água. Além do aspecto visual desagradável verifica-se o declínio dos níveis de O.D. (oxigênio dissolvido), afetando a sobrevivência dos seres de vida aquática pela exalação de gases mal cheirosos e a possibilidade de contaminação de animais e seres humanos por consumo ou contato com a água (NUVOLARI *et al.*, 2003).

### Descrição dos processos de tratamento

No tratamento primário os sólidos sedimentáveis são removidos nos decantadores e no tratamento secundário os sólidos dissolvidos e em suspensão são absorvidos no reator de lodo ativado.

A quantidade de O.D. em um corpo de água é diretamente proporcional à pressão atmosférica e inversamente proporcional à temperatura. À 20° C e a uma altitude de 720 m (aproximadamente a altitude do rio Tietê na grande São Paulo) a máxima quantidade de O.D. disponível na saturação estaria por volta de 8,4 mg/l. Como as bactérias consomem na degradação das matérias orgânicas presentes num esgoto cerca de 300 mg/l de O.D., esta demanda é muito maior do que o disponível, existindo uma razão de diluição mínima dos esgotos para tornar possível a vida de peixes e outros seres.

As matérias orgânicas presentes nos esgotos lançados num corpo de água criam as condições necessárias para a multiplicação dos microorganismos decompositores aeróbios que, no entanto, ao degradarem estas consomem o oxigênio dissolvido. Se a quantidade disponível de matéria orgânica na água é grande, o que limitará a multiplicação destes microorganismos é a quantidade de oxigênio à disposição, pois se este se extingue, favorece o aparecimento de outros tipos de microorganismos, os aeróbios facultativos, que quebram a matéria orgânica tanto na presença quanto na ausência de O.D., e as bactérias estritamente anaeróbias, que o fazem na sua ausência.

No tratamento de esgoto convencional, em nível secundário, pelo processo de lodos ativados aproveita-se a ação dos microorganismos decompositores aeróbios sobre a matéria orgânica finalmente particulada e sobre a matéria orgânica solúvel, após o esgoto ter passado pelos decantadores primários. Isso ocorre no reator ou tanque de aeração, onde se introduz ar visando manter certa quantidade de O.D. (na faixa de 1 a 2 mg/l), criando-se as condições para o crescimento dos microorganismos aeróbios. A matéria orgânica solúvel é facilmente assimilada e prontamente absorvida pela massa biológica, sendo que a matéria orgânica finamente particulada e a matéria dissolvida, mas de cadeias maiores ou de mais difícil degradação, sofrem inicialmente a ação de enzimas exógenas, secretadas pelos microorganismos. No reator, os microorganismos se agrupam aos milhares, nos chamados flocos biológicos. Após absorverem a matéria orgânica, se lançados num corpo de água começariam a morrer.

A “DBO” - Demanda Bioquímica de Oxigênio - é a quantidade de O.D. necessária aos microorganismos, na estabilização da matéria orgânica em decomposição, sob condições aeróbias. Num efluente, quanto maior a quantidade de matéria orgânica maior será a DBO (NUVOLARI *et al.*, 2003).

## Lagoas de estabilização

Na natureza, quando ocorre a transformação das moléculas orgânicas mais complexas, tais como proteínas, hidratos de carbono, glicídios, etc., consideradas instáveis ou passíveis de decomposição, em moléculas mais simples,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  e outras, diz-se que houve estabilização ou mineralização dessa matéria orgânica.

Os maiores responsáveis pela mineralização da matéria orgânica na natureza são os microorganismos decompositores, bactérias e fungos, que são seres heterótrofos. Estes buscam, nas substâncias em decomposição, a fonte de energia para seus processos vitais de respiração, síntese e reprodução, consumindo oxigênio. Num ciclo fechado, desde o aparecimento da vida na terra, os vegetais em geral e variados tipos de algas, seres autótrofos, se encarregam de utilizar as substâncias simples acima citadas transformando-as novamente em substâncias complexas, consumindo  $\text{CO}_2$  e liberando  $\text{O}_2$ , fechando-se o ciclo.

Este processo natural ocorre num corpo de água. Ao final da biodegradação de toda a matéria orgânica lançada houve a chamada autodepuração do corpo de água, ou seja, as moléculas complexas foram estabilizadas e inicia-se um novo ciclo.

Nas lagoas facultativas as bactérias aeróbias irão degradar a matéria orgânica solúvel, presente no esgoto, consumindo o oxigênio livre disponível na água e tendo como subprodutos água, gás carbônico e nutrientes. Por sua vez, as algas consomem os nutrientes e o gás carbônico e se utilizam da luz solar como fonte de energia na fotossíntese, com liberação de oxigênio.

As lagoas facultativas não são chamadas de estritamente aeróbias, pois o material que vai para o fundo forma uma camada de lodo que sofre lenta decomposição anaeróbia, uma vez que nessa região os níveis de oxigênio dissolvido são muito baixos ou nulos. A parcela solúvel, que permanece na parte superior da lagoa, com níveis maiores de oxigênio, sofre decomposição aeróbia (NUVOLARI, *et al.*, 2003)

## Projeto da ETE - a localização do empreendimento

Na sub-bacia do córrego Tocantins, região oeste do município de Adamantina (sede municipal em  $21^{\circ}41' \text{ S}$  e  $51^{\circ}41' \text{ E}$ ) que fica na Nova Alta Paulista, no oeste do estado de São Paulo. A cidade faz divisa ao norte com Valparaíso e Bento de Abreu, ao sul com Mariápolis, a leste com Lucélia, a oeste com Flórida Paulista e distante 600 km da cidade de São Paulo, com altitude média de 440 m acima do nível do mar.

A área urbana localiza-se no divisor de águas das bacias dos rios Aguapeí-Peixe (Figura 1). A população urbana é atendida pelo sistema público estadual de abastecimento de água (100%), com os esgotos sendo coletados em 98% das residências, através de uma rede coletora com extensão da ordem de 80.000m (há cerca de 150.000 m de vias públicas), com 10.248 ligações para a captação dos esgotos, até o ano de 2001.

A população total de Adamantina é de 34.159 habitantes, com 31.227 pessoas na área urbana e 2.932 pessoas na zona rural, o que perfaz uma densidade de 79,81 habitantes/ $\text{km}^2$ . (IBGE - 2005)

Na parte leste da cidade, está a nascente do córrego Lambari, afluente do ribeirão da Boa Esperança.

Na porção oeste, na bacia do Peixe, localizam-se as nascentes do córrego Tocantins e do ribeirão dos Ranchos (Figura 2), sendo o Tocantins afluente do Ribeirão dos Ranchos. A microbacia do ribeirão dos Ranchos está contemplada pelo PEMBH, Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas.

Os esgotos da região Leste (cerca de 40 % do total) drenam para a bacia do Aguapeí, onde já existe em funcionamento a ETE-Leste, constituída por lagoas de estabilização do tipo Australiano (lagoa anaeróbica e lagoa facultativa, em série).

Na região oeste existe uma ETE abandonada, nas margens do córrego Tocantins, em área distinta daquela prevista para a implantação do projeto em análise. A Estação de Tratamento de Esgoto Oeste (ETE - Oeste) terá a finalidade de tratar o esgoto sanitário doméstico (cerca de 60 % do total) coletado na região oeste.

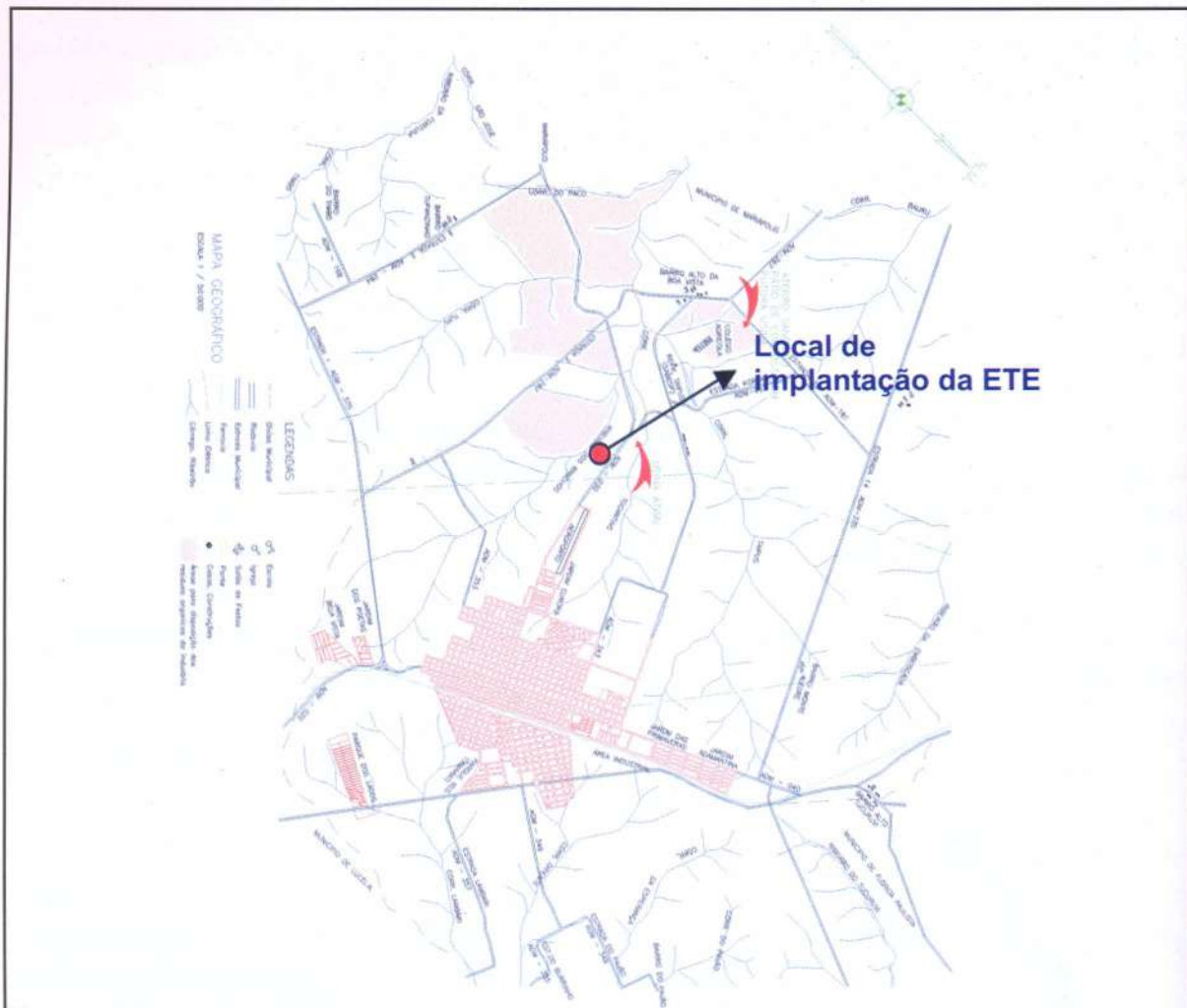
Nas figuras 3 a 10 podemos visualizar o local de implantação da ETE. A figura 11 apresenta uma foto aérea de projeto similar já implantado em Lajes, estado de Goiás.



Figura 1: O município de Adamantina na Bacia dos rios do Peixe e Aguapeí

Fonte: Relatório de Situação das bacias do Aguapeí-Peixe, CBH-AP/ Consórcio do Rio do Peixe, 1998.





*Figura 2: A localização prevista para as instalações da ETE Sabesp na sub-bacia do córrego Tocantins, Adamantina, SP e a representação da rede hidrográfica nas proximidades da área urbana.*



*Figura 3: Chegada ao Local de Implantação da ETE pela estrada vicinal ADM 30, sentido Adamantina – Mariápolis.*



*Figura 4: O córrego dos Ranchos, margem esquerda.*



*Figura 5: O córrego dos Ranchos, margem direita.*



*Figura 7: Vista parcial da área*



*Figura 6: O ponto de referência do local do empreendimento.*



*Figura 8: O córrego Tocantins, margem esquerda.*



*Figura 9: O córrego Tocantins, margem direita, sentido Adamantina – Bairro Alto da Boa Vista.*



*Figura 10: O local de implantação da ETE, e a proximidade do curtume.*



*Figura 11: A foto aérea de uma ETE em Lajes, Estado de Goiás.*

## Descrição técnica do projeto

A ETE - Oeste tem implantação prevista para a margem esquerda do ribeirão dos Ranchos, com lagoas de estabilização tipo australiano (lagoas anaeróbias, seguidas de lagoas facultativas secundárias e terciárias). A vazão máxima doméstica prevista é de 50,8 l/s/dia e vazão máxima de infiltração diária 64,6 l/s/dia, valores referentes a 2004, com estimativas para 2023 de vazão máxima doméstica de 60,6 l/s/dia e vazão de infiltração diária de 77,0 l/s/dia.

A estação atenderia uma população residente na região oeste de 22.867 habitantes, estimada em 27.262 habitantes em 2023, tendo por objetivos melhorar a qualidade da água do córrego Tocantins, a qualidade de vida da população local, devolvendo o equilíbrio ao meio ambiente na área de influência (LBR ENGENHARIA E CONSULTORIA 2000).

No tratamento de esgotos domésticos é preciso empregar meios de remoção ou transformação das características do efluente: a remoção de sólidos grosseiros, de gorduras e de areias; a decantação, a flotação, o tratamento e armazenamento do lodo em lagoas de estabilização para remover os nutrientes e os resíduos sólidos domésticos (JULIANO, N; EGER, S; BRAGA, B. *et al.*, 2004), para que se possa despejar no corpo de água receptor uma água com boa porcentagem de oxigênio dissolvido.

### São os seguintes os valores do dimensionamento do projeto:

|                                     |                               |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Lagoa Anaeróbia</b>              |                               |
| População atendida                  | 27.262 habitantes             |
| Vazão média afluente                | 5.832 m <sup>3</sup> /dia     |
| DBO afluente                        | 234 mg/l                      |
| Carga de DBO <sub>5</sub> afluente  | 1.362,9 kg/dia                |
| Temperatura:                        | 20°C (média no mês mais frio) |
| Número de lagoas                    | 2 unidades                    |
| Comprimento                         | 101 metros                    |
| Largura                             | 38 metros                     |
| Área de cada lagoa                  | 3.838 m <sup>2</sup>          |
| Volume                              | 10.216 m <sup>3</sup>         |
| Profundidade                        | 3,5 metros                    |
| Tempo de retenção                   | 3,5 dias                      |
| <b>Lagoa Facultativa Secundária</b> |                               |
| População atendida:                 | 27.262 habitantes             |
| Vazão afluente:                     | 5.832 m <sup>3</sup> /dia     |
| DBO afluente:                       | 117 mg/l                      |
| Temperatura:                        | 20°C (média no mês mais frio) |
| Número de lagoas                    | 2 unidades                    |
| Comprimento                         | 209 metros                    |
| Largura                             | 72 metros                     |
| Área de cada lagoa                  | 15.048 m <sup>2</sup>         |
| Volume                              | 21.323 m <sup>3</sup>         |
| Profundidade                        | 1,5 metros                    |
| Tempo de retenção                   | 7,3 dias                      |
| <b>Lagoa Facultativa Terciária</b>  |                               |
| População atendida:                 | 27.262 habitantes             |
| Vazão afluente:                     | 5.832 m <sup>3</sup> /dia     |
| DBO afluente:                       | 56 mg/l                       |
| Número de lagoas                    | 2 unidades                    |
| Comprimento                         | 138 metros                    |
| Largura                             | 64 metros                     |
| Área de cada lagoa                  | 8.832 m <sup>2</sup>          |
| Volume                              | 12.356 m <sup>3</sup>         |
| Profundidade                        | 1,5 metros                    |
| Tempo de retenção                   | 4,2 dias                      |

O índice de atendimento pretendido é o tratamento de 100% dos esgotos da população urbana. A eficiência do sistema (E) é estimada em 81,6 %. A área total líquida é calculada em 5,6 ha (553.436 m<sup>2</sup>), em 7,3 ha (72.067 m<sup>2</sup>) de área total do projeto. O coeficiente de retorno esgoto/água (C) de 0,8; a taxa de infiltração (i) de 0,25 l/s \* km e a contribuição de carga orgânica doméstica de 0,05 kg DBO /hab/dia.

O corpo receptor de esgoto da região Oeste de Adamantina é o ribeirão dos Ranchos, situado na bacia do rio do Peixe, e recebe a contribuição do córrego Tocantins, ambos os cursos de água de Classe 4, nos termos do Decreto 10.755 de 1977. A área de drenagem da sub-bacia hidrográfica do ribeirão dos Ranchos é de 50 km<sup>2</sup>. A vazão média deste ribeirão é de 360 l/s e a vazão mínima de 7 dias consecutivos é de 130 l/s, para um período de retorno de 10 anos. A bacia do rio do Peixe tem área total de drenagem de 13.068 Km<sup>2</sup>, vazão média de 96 m<sup>3</sup>/s e vazão mínima: 28 m<sup>3</sup>/s.

Em análise de esgoto, coletado em outubro de 2001, a concentração de coliformes fecais foi da ordem de 4,6 x 10<sup>7</sup> /100 ml. As lagoas de estabilização em série, como as projetadas para a ETE-Oeste, podem remover 99,999 % destes microorganismos, o que determinaria uma concentração reduzida a 460 cf/100 ml. De acordo com dados da LBR Engenharia e Consultoria, a concentração de coliformes fecais a montante da área urbana é da ordem de 4.300 cf/ ml e após o lançamento do efluente da ETE seria de 2.995 cf/100 ml, o que ainda corresponderia a uma água imprópria para banhos e passível de utilização na alimentação apenas após tratamento e cloração (CHARBONNEAU, *et al.*, 1979).

#### A descrição das vazões e cargas dos esgotos sanitários

Com base na previsão de crescimento populacional, a empresa responsável pelo projeto estimou as vazões de esgoto doméstico por bacia de esgotamento e os dados estão sintetizados na Tabela 1:

**Tabela 1-** Evolução das Vazões Domésticas por Bacia de Esgotamento, Sistema de Esgoto Sanitário de Adamantina - Vazões Domésticas, Bacia Leste (Ribeirão Boa Esperança) e Bacia Oeste (Ribeirão dos Ranchos)

| Bacia        | População Atendida (hab) | Vazões (l/s) |                  |              | População Atendida (hab) | Vazões (l/s) |                  |              |
|--------------|--------------------------|--------------|------------------|--------------|--------------------------|--------------|------------------|--------------|
|              |                          | Média        | Max. diária 2000 | Max. horária |                          | média        | Max. diária 2004 | Max. horária |
| B-W          | 21.715                   | 40,2         | 48,2             | 72,4         | 22.867                   | 42,3         | 50,8             | 76,1         |
| B-L          | 8.581                    | 15,9         | 19,1             | 28,6         | 8.687                    | 16,1         | 19,3             | 29,0         |
| <b>Total</b> | <b>30.296</b>            | <b>56,1</b>  | <b>67,3</b>      | <b>101,0</b> | <b>31.554</b>            | <b>58,4</b>  | <b>70,1</b>      | <b>105,1</b> |
|              |                          |              | <b>2010</b>      |              |                          |              | <b>2015</b>      |              |
| B-W          | 24.559                   | 45,5         | 54,6             | 81,9         | 25.587                   | 47,4         | 56,9             | 65,3         |
| B-L          | 8.844                    | 16,4         | 19,7             | 29,5         | 8.965                    | 16,6         | 19,9             | 29,9         |
| <b>Total</b> | <b>33.403</b>            | <b>61,9</b>  | <b>74,3</b>      | <b>111,4</b> | <b>34.552</b>            | <b>64,0</b>  | <b>76,8</b>      | <b>115,2</b> |
|              |                          |              | <b>2020</b>      |              |                          |              | <b>2023</b>      |              |
| B-W          | 26.636                   | 49,3         | 59,2             | 88,9         | 27.262                   | 50,3         | 60,6             | 90,9         |
| B-L          | 9.101                    | 16,9         | 20,2             | 30,3         | 9.202                    | 17,0         | 20,4             | 30,6         |
| <b>Total</b> | <b>35.737</b>            | <b>66,2</b>  | <b>79,4</b>      | <b>119,2</b> | <b>36.464</b>            | <b>67,5</b>  | <b>81,0</b>      | <b>121,5</b> |

Legenda: Bacia Leste (B-L) e Bacia Oeste (B-W)

Fonte: LBR - ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2000.

As vazões de infiltração por bacia de esgotamento, ao longo do período estão apresentadas a seguir (Tabela 2). Elas foram determinadas considerando-se as extensões da rede coletora e a taxa de infiltração de 0,25 l/s x km. A cidade de Adamantina está bem servida por rede coletora de esgoto, inclusive em áreas com densidades demográficas muito baixas. Para determinar a extensão necessária de rede coletora ano a ano, foi adotado um índice variando de 2,0 a 2,8 m de rede para cada novo

usuário. Segundo informou a gerência da Sabesp de Adamantina, a extensão atual da rede coletora de esgoto é da ordem de 80,0 km, sendo 53,5 na Bacia Oeste.

Na Tabela 3, as projeções da extensão total da rede coletora.

**Tabela 2** - Evolução das Vazões de Infiltração por Bacia de Esgotamento, Sistema de esgoto Sanitário de Adamantina - Vazões de Infiltração, Bacia Leste (Ribeirão da Boa Esperança) e Bacia Oeste (Ribeirão dos Ranchos)

| Bacia        | Área (ha)     | Extensão de Rede Coletora (km) |             |             |             |             |             | Taxa l/s*km | Vazão de Infiltração (l/s) |             |             |             |             |             |
|--------------|---------------|--------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|              |               | 2000                           | 2004        | 2010        | 2015        | 2020        | 2023        |             | 2000                       | 2004        | 2010        | 2015        | 2020        | 2023        |
| B-W          | 760,3         | 53,5                           | 55,1        | 59,0        | 61,0        | 64,4        | 65,4        | 0,25        | 13,8                       | 13,8        | 14,8        | 15,4        | 16,1        | 16,4        |
| B-L          | 309,7         | 26,5                           | 26,7        | 27,0        | 27,7        | 28,0        | 28,3        | 0,25        | 6,8                        | 6,8         | 6,8         | 6,9         | 7,0         | 7,1         |
| <b>Total</b> | <b>1130,0</b> | <b>80,0</b>                    | <b>82,6</b> | <b>61,0</b> | <b>88,7</b> | <b>92,4</b> | <b>93,7</b> |             | <b>20,0</b>                | <b>20,6</b> | <b>21,6</b> | <b>22,3</b> | <b>23,1</b> | <b>23,5</b> |

Legenda: Bacia Leste (B-L) e Bacia Oeste (B-W)

Legenda: Bacia Leste (B-L) e Bacia Oeste (B-W)

Fonte: LBR - ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2000.

**Tabela 3** - Projeções da Extensão Total da Rede Coletora

| Ano  | Incremento de   | Índice de Evolução da      | Incremento da | Extensão          |
|------|-----------------|----------------------------|---------------|-------------------|
|      | População (hab) | Rede Coletora (metros/hab) | Rede (m)      | Total da Rede (m) |
| 2004 | 318             | 2,1                        | 657           | 81925             |
| 2010 | 227             | 2,3                        | 515           | 85954             |
| 2015 | 232             | 2,5                        | 570           | 88691             |
| 2020 | 240             | 2,7                        | 639           | 91748             |
| 2023 | 245             | 2,8                        | 684           | 93746             |

Fonte: LBR ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA, 2000.

Fonte: LBR ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2000.

As estimativas das vazões totais, por bacia de esgotamento, são apresentadas na Tabela 4:

**Tabela 4** - Evolução das Vazões Totais, por Bacia de Esgotamento, Sistema de Esgoto Sanitário de Adamantina - Vazões Totais, Bacia Leste (Ribeirão da Boa Esperança) e Bacia Oeste (Ribeirão dos Ranchos).

| Bacia         | Vazão Doméstica (l/s) |             |              | Vazão de Infiltração (l/s) | Vazão Total (l/s) |              |              | Vazão Doméstica (l/s) |             |              | Vazão de Infiltração (l/s) | Vazão Total (l/s) |              |              |
|---------------|-----------------------|-------------|--------------|----------------------------|-------------------|--------------|--------------|-----------------------|-------------|--------------|----------------------------|-------------------|--------------|--------------|
|               | média                 | máx por dia | máx por hora |                            | média             | máx por dia  | máx por hora | média                 | máx por dia | máx por hora |                            | média             | máx por dia  | máx por hora |
| <b>4 2004</b> |                       |             |              |                            |                   |              |              |                       |             |              |                            |                   |              |              |
| B-W           | 40,2                  | 48,2        | 72,4         | 13,4                       | 53,6              | 61,6         | 85,8         | 42,3                  | 50,8        | 76,1         | 13,8                       | 56,9              | 65,5         | 91,2         |
| B-L           | 15,9                  | 19,1        | 28,6         | 6,6                        | 22,5              | 25,7         | 35,2         | 16,1                  | 19,3        | 28,9         | 6,8                        | 22,9              | 26,1         | 35,8         |
| <b>Total</b>  | <b>56,1</b>           | <b>67,3</b> | <b>101,0</b> | <b>20,0</b>                | <b>76,1</b>       | <b>87,3</b>  | <b>121,0</b> | <b>58,4</b>           | <b>70,8</b> | <b>105,0</b> | <b>20,6</b>                | <b>79,8</b>       | <b>91,6</b>  | <b>127,0</b> |
| <b>• 2015</b> |                       |             |              |                            |                   |              |              |                       |             |              |                            |                   |              |              |
| B-W           | 45,5                  | 54,6        | 81,9         | 14,8                       | 60,3              | 69,4         | 96,7         | 47,4                  | 56,9        | 85,3         | 15,4                       | 62,8              | 72,3         | 100,7        |
| B-L           | 16,4                  | 19,7        | 29,5         | 6,8                        | 23,2              | 26,5         | 36,5         | 16,6                  | 19,9        | 29,9         | 6,9                        | 23,5              | 23,5         | 36,8         |
| <b>Total</b>  | <b>61,9</b>           | <b>74,3</b> | <b>111,4</b> | <b>21,6</b>                | <b>83,5</b>       | <b>95,9</b>  | <b>133,0</b> | <b>64,0</b>           | <b>76,8</b> | <b>115,2</b> | <b>22,3</b>                | <b>86,3</b>       | <b>99,1</b>  | <b>137,5</b> |
| <b>• 2023</b> |                       |             |              |                            |                   |              |              |                       |             |              |                            |                   |              |              |
| B-W           | 49,3                  | 59,2        | 88,7         | 16,1                       | 65,4              | 75,3         | 104,8        | 50,5                  | 60,6        | 90,9         | 16,4                       | 66,9              | 77,0         | 107,3        |
| B-L           | 16,9                  | 20,2        | 30,5         | 7,0                        | 23,9              | 27,2         | 37,5         | 17,0                  | 20,4        | 30,6         | 7,1                        | 24,1              | 27,5         | 37,7         |
| <b>Total</b>  | <b>66,2</b>           | <b>79,4</b> | <b>119,2</b> | <b>22,9</b>                | <b>89,3</b>       | <b>102,5</b> | <b>142,3</b> | <b>67,5</b>           | <b>81,0</b> | <b>121,5</b> | <b>23,5</b>                | <b>91,0</b>       | <b>104,5</b> | <b>145,0</b> |

Legenda: Bacia Leste (B-L) e Bacia Oeste (B-W)

Fonte: LBR ENGENHARIA E CONSULTORIA LTD., 2000.

Legenda: Bacia Leste (B-L) e Bacia Oeste (B-W) - Fonte: LBR - ENGENHARIA E CONSULTORIA, 2000.

A evolução das cargas orgânicas estimadas, por bacia de esgotamento, está apresentada na Tabela 5:

**Tabela 5** - Evolução das Cargas Orgânicas, por bacia de Esgotamento, Sistema de Esgoto Sanitário de Adamantina - Cargas Orgânicas, Bacia Leste (Ribeirão da Boa Esperança) e Bacia Oeste (Ribeirão dos Ranchos)

| Bacia        | População Atendida (hab) | C. Orgânica (kg/dia) | População Atendida (hab) | C. Orgânica (kg/dia) | População Atendida (hab) | C. Orgânica (kg/dia) |
|--------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
|              | <b>2000</b>              |                      | <b>2004</b>              |                      | <b>2010</b>              |                      |
| B-W          | 21.715                   | 1086                 | 22.867                   | 1.143                | 24.559                   | 1.228                |
| B-L          | 8.581                    | 429                  | 8.687                    | 434                  | 8.844                    | 442                  |
| <b>Total</b> | <b>30.296</b>            | <b>1.515</b>         | <b>31.554</b>            | <b>1.578</b>         | <b>33.403</b>            | <b>1.670</b>         |
|              | <b>2015</b>              |                      | <b>2020</b>              |                      | <b>2023</b>              |                      |
| B-W          | 25.587                   | 1279                 | 26.636                   | 1332                 | 27.262                   | 1363                 |
| B-L          | 8.965                    | 448                  | 9.101                    | 455                  | 9.202                    | 460                  |
| <b>Total</b> | <b>34.552</b>            | <b>1.728</b>         | <b>35.737</b>            | <b>1.787</b>         | <b>36.464</b>            | <b>1.823</b>         |

Legenda: Bacia Leste (BL), Bacia Oeste (BW)

Fonte: LBR - ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA, 2000.

### Características prováveis dos efluentes a serem tratados

As características físicas podem ser analisadas com as determinações de matéria sólida, temperatura, odor, cor e turbidez.

O teor de matéria sólida é da maior importância em termos do dimensionamento e controle de operações das unidades de tratamento.

A remoção da matéria sólida é fonte de uma série de operações unitárias de tratamento, ainda que represente apenas cerca de 0,08% dos esgotos, sendo os restantes 99,92% composto por água. (JORDÃO, 1995).

### Matéria sólida total

A matéria sólida total do esgoto pode ser definida como a matéria que permanece como resíduo após evaporação a 103°C. Em termos práticos, a matéria não sedimentável só será removida por processos de oxidação biológica e de coagulação seguida de sedimentação.

### Temperatura

A temperatura dos esgotos é, em geral, pouco superior à das águas de abastecimento pela contribuição de despejos domésticos com águas aquecidas. Pode, no entanto, apresentar valores mais elevados se houver a contribuição de despejos industriais. Normalmente, a temperatura nos esgotos está acima da temperatura do ar, com exceção dos meses mais quentes do verão, sendo típica a faixa de 20 a 25°C.

O aumento da temperatura faz diminuir a viscosidade melhorando as condições de sedimentação. (JORDÃO, 1995). No entanto, temperaturas mais elevadas implicam na redução do O.D. nas lagoas facultativas, o que interfere no processo aeróbico, e pode levar a redução do O.D. na água do corpo receptor, dependendo da vazão do mesmo, pela relação inversa entre a solubilidade do O<sub>2</sub> na água e a temperatura.

## Odor

Os odores característicos dos esgotos são causados pelos gases formados no processo de decomposição anaeróbica. Assim, uma atenção especial deve ser dada às unidades que mais podem contribuir para esses odores desagradáveis, como é o caso das grades na entrada da ETE, das caixas de areia, e dos adensadores de lodo (JORDÃO, 1995). A avaliação da direção predominante dos ventos é aspecto decisivo para se avaliar o impacto associado ao odor, considerando-se a posição relativa do empreendimento em relação à mancha urbana.

## Cor e a turbidez

A cor e a turbidez indicam de imediato, e de forma aproximada, o estado de decomposição do esgoto, ou sua "condição". A tonalidade acinzentada é típica do esgoto fresco. A cor preta é típica do esgoto velho, com uma decomposição parcial.

A turbidez não é usada como forma de controle do esgoto bruto, mas é indicador de eficiência do tratamento secundário, uma vez que pode ser relacionada à concentração de sólidos em suspensão (JORDÃO, 1995).

Quanto às **características químicas**, podemos separar as diversas substâncias presentes nos esgotos domésticos em dois grandes grupos:

### Matérias orgânicas

O grupo das substâncias orgânicas nos esgotos é constituído principalmente por compostos de proteínas (40 a 60%), carboidratos (25 a 50%), gorduras e óleos (10%) e uréia, surfactantes, fenóis, pesticidas (JORDÃO, 1995).

### Matérias inorgânicas

O grupo das matérias inorgânicas contidas nos esgotos é formado, principalmente, por areia e substâncias minerais dissolvidas. A areia é proveniente das águas de lavagem das ruas e de águas de subsolo que chegam às galerias de modo indevido ou que se infiltram através das juntas das canalizações.

Com relação às **características bacteriológicas**, os principais grupos de microorganismos importantes para os processos de tratamento, são aqueles envolvidos diretamente nos processos biológicos de depuração, os indicadores de poluição e especialmente os patógenos, capazes de transmitir doenças por veiculação hídrica. São encontrados nos esgotos: as bactérias, os fungos, os protozoários, os vírus e as algas.

## Diagnóstico ambiental da área de implantação

### Compatibilidade com a legislação incidente

O empreendimento é compatível com todos os parâmetros da legislação incidente, desde o Decreto Lei 8468/76, que regulamentou a Lei 997/76, até a Resolução CONAMA 20/86 em relação aos parâmetros de qualidade, licenciamento e manuseio de resíduos que liberam gases e alteram a qualidade da água, bem como com aqueles referentes aos corpos receptores, previstos pelo Decreto Estadual 10.755/77 e a Resolução CONAMA 20/86, que faz a classificação da água de acordo com seus

usos preponderantes.

### Área de implantação

A região é isolada, desabitada, com vegetação nativa quase que totalmente substituída por pastagens para a criação de gado leiteiro e de corte, com algumas pequenas propriedades nas quais se realizam uma agricultura de subsistência (milho, café). De acordo com a Casa da Agricultura de Adamantina, e com base nas visitas ao local do empreendimento, conclui-se que a área de influência direta apresenta disponibilidade de área para futura ampliação da ETE – Oeste.

Na microbacia do ribeirão dos Ranchos existem 137 propriedades agrícolas e cerca de 170 produtores rurais, entre proprietários, arrendatários e parceiros, em uma área de 1.640 hectares. O solo é degradado, arenoso, de baixa produtividade, muito susceptível a erosões, associadas à movimentação de terras, sendo importante dar especial atenção às ações de prevenção, como bolsões de captação, terraceamento, perenização de estradas vicinais com elevação dos leitos.

### Aspectos demográficos

A Tabela 6 sintetiza a evolução populacional de Adamantina.

**Tabela 6:** A evolução da população do município de Adamantina

| Ano   | 1970   | 1980   | 1990   | 1996   | 2000   | 2001   |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| População Urbana (hab)  | 21.951 | 24.254 | 27.662 | 29.780 | 30.342 | 31.227 |
| População Rural (hab)   | 9.847  | 7.790  | 4.429  | 2.986  | 3.128  | 2.932  |
| População Total (hab)   | 31.798 | 32.044 | 32.091 | 32.766 | 33.470 | 34.159 |
| Fonte: IBGE, 1986 em LBR-ENGENHARIA & CONSULTORIA LTDA, 2000. |        |        |        |        |        |        |

### Descrição geológica e geotécnica da área de influência direta

Em relação à tipologia de solos ocorrem o Argisolo Vermelho Amarelo (PVA5), com variação para Litosolo, com rochas a pouca profundidade. Geomorfologicamente, a área pertence ao Planalto Ocidental. Os Argisolos são solos maduros, pouco profundos, não favoráveis para culturas anuais. Apresentam caracteristicamente um horizonte B textural pouco permeável (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, EMBRAPA, 1999) determinando o fenômeno de iluviação, com arraste de argilas e favorecimento ao desenvolvimento das voçorocas.

### Informações climáticas

A região é de clima quente, com invernos secos e verões chuvosos. A temperatura média anual é de 22° C, variando de 25° C no mês mais quente a 19° C no mês mais frio. A média pluviométrica é de 1.120 a 1.300 mm. Os ventos predominantes são os do quadrante NE.

### Características da fauna e da flora

A vegetação natural na área de influencia é quase inexistente, em região de Cerrado, que teve sua vegetação substituída por pastagens para a criação de gado leiteiro e de corte. Alguns poucos exem-



plares restantes foram identificados: Perobas (*Aspidosperma parvifolium* e *Aspidosperma subincanum*)<sup>1</sup>, Angicos (*Albizia polycephala* e *Anadenanthera macrocarpa*), Ipês (*Tabebuia alba*, *Tabebuia ochracea*), Aroeira (*Lithraea molleoides*) e Goiabeiras (*Psidium guajava*)..

Na fauna terrestre registra-se a presença de pardais (*Passer do-mesticus*), coelhos (*Oryctolagus cuniculus*), capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*), João-de-barro (*Furnarius rufus*), coruja-buraqueira (*Speoto cunicularia*), pomba-doméstica (*Columba livia*), Quero-quero (*Vanellus chilensis*). A fauna aquática, devido ao alto grau de poluição do córrego Tocantins, está ausente em todo o trecho que corresponde ao município de Adamantina.

Não há evidências de sítios arqueológicos na área afetada pelo empreendimento ou nesta região.

### Identificação dos impactos ambientais

De acordo com Pasqualetto (2003), os impactos podem ser classificados como positivos, aqueles que favorecem o meio ambiente e podem ser potencializados, e negativos, aqueles que exigem medidas mitigadoras para que se reduzam os seus danos ao meio ambiente.

Neste estudo, utilizou-se o método “GUT” para priorizar os impactos ambientais segundo os critérios de Gravidade, Urgência e Tendência (Tabela 7). A tabela 8 aponta as atividades e seus aspectos ambientais em uma ETE. Cada unidade do Sistema Operacional da Estação de Tratamento de Esgoto ETE - Oeste foi avaliada e as atividades relacionadas em ordem decrescente de importância (Tabela 9).

**Tabela 7:** A priorização dos impactos ambientais pelo método “GUT”.

| NOTA | GRAVIDADE (SEVERIDADE)  | URGÊNCIA (RISCOS)   | TENDÊNCIA (PROBABILIDADE)   | G*U*T |
|------|---|---|---|-------|
| 3    | Os prejuízos ou dificuldades são extremamente graves, comprometendo a integridade física, saúde e a própria vida das pessoas, bem como a capacidade operacional da organização. | Representa riscos de altos custos para a correção do impacto ambiental e imagem extremamente danificada da organização. | Representa alta Probabilidade de ocorrência do impacto ambiental. É esperado que ocorra ao menos uma vez durante a vida útil das instalações.               | 27    |
| 2    | Os prejuízos são muito graves, implicando em problemas para as políticas da organização e o atendimento dos objetivos e metas.  | Representa riscos de moderados custos para correção do impacto ambiental e imagem muito danificada da organização       | Representa moderada probabilidade de ocorrência do impacto ambiental. É provável que ocorra ao menos uma vez durante a vida útil das instalações.           | 8     |
| 1    | Os prejuízos são graves, porém não impedem o atendimento dos objetivos e metas da organização e não representam o descumprimento das suas políticas.                            | Representa riscos de pequenos custos para correção do impacto ambiental e pequeno dano à imagem da organização.         | Representa pequena ou remota probabilidade de ocorrência do impacto ambiental. É improvável que ocorra ao menos uma vez durante a vida útil das instalações | 1     |

Tabela 8 - Atividades e aspectos ambientais em uma ETE.

| UNIDADES                           | ATIVIDADES  | ASPECTOS AMBIENTAIS   |
|------------------------------------|---|---|
| GRADEAMENTO                        | Gradeamento, remoção e transporte para caixa de detritos dos resíduos sólidos grosseiros. | Geração de resíduos sólidos grosseiros<br>Exalação de odores<br>Risco de contato do operador com os patógenos<br>Risco de derramar sobre o solo os resíduos sólidos grosseiros<br>Acondicionamento dos resíduos |
| CAIXA DE AREIA                     | Remoção e transporte para a caixa de detritos dos resíduos finos (areia)                  | Exalação de odores<br>Risco de derramar sobre o solo areias e espuma<br>Acondicionamento dos resíduos em recipientes  |
| CAIXA DE DETRITOS                  | Armazenamento e transporte dos resíduos sólidos grosseiros, areia e espuma.               | Exalação de odores<br>Risco de derramar os resíduos sobre o solo<br>Retirada da espuma<br>Risco de derramar sobre o solo o húmus na interface talude e lâmina líquida<br>Vegetação nos taludes                  |
| CAIXA DISSIPADORA DE ODORES        | Oxidação de gases   | Risco de o efluente atingir o corpo hídrico<br>Redução da eficiência da remoção de patógenos<br>Exalação de odores  |
| LAGOAS FACULTATIVAS E DE MATURAÇÃO | Redução da carga orgânica<br>Produção de espuma   | Risco de o efluente atingir o corpo hídrico<br>Exalação de odores   |
| CASA DE CONTROLE                   | Resíduos líquidos – amostras de efluentes<br>Resíduos sólidos – amostras do lodo          | Risco de derramar amostras durante os exames laboratoriais  |

<sup>1</sup> Nomenclatura científica das plantas foi extraída do Site POLMIT, e a nomenclatura científica dos animais do livro STORER, I, T et al. (2002).

Tabela 9: Priorização dos impactos ambientais da Estação de Tratamento de Esgoto ETE – Oeste - Adamantina

| IMPACTOS AMBIENTAIS   | G | U | T | NOTA | PRIORIDADE |
|---|---|---|---|------|------------|
| Contaminação do solo pelos resíduos sólidos, escumas, afluentes e/ou efluentes e disposição de lodo | 3 | 3 | 3 | 27   | 1          |
| Contaminação do lençol freático e/ou corpo hídrico superficial                                      | 3 | 3 | 2 | 18   | 2          |
| Contaminação do ar por emissões gasosas   | 1 | 2 | 2 | 4    | 3          |
| Incêndios de pequenas proporções  | 3 | 1 | 1 | 3    | 4          |
| Doenças de veiculação hídrica pela presença de patógenos  | 1 | 1 | 2 | 2    | 5          |

O gradeamento, a caixa de areia, a caixa de detritos e espuma, fazem parte do processo físico da ETE e têm em comum os resíduos sólidos contaminados por patógenos, a exalação de odores e riscos de contaminação do solo. A importância reside na proteção das demais unidades do sistema.

As lagoas facultativas, lagoas de maturação e caixa dissipadora de odores compõem o processo biológico, baseado na ação biológica das bactérias aeróbias e anaeróbias, formando-se material estabilizado quimicamente que se deposita no fundo do reator constituindo uma camada de lodo. O monitoramento é feito através da altura da camada de lodo, estimando-se a quantidade de lodo depositado no fundo das lagoas. Os gases coletados serão direcionados para a caixa dissipadora de odores e ao passarem pela camada de folhas verdes formam um substrato de húmus vegetal, que poderá ser utilizado para jardinagem.

A redução da carga orgânica nas lagoas anaeróbias é realizada pelas bactérias anaeróbias existentes no próprio esgoto, as quais depuram o efluente preparando-o para a próxima fase nas lagoas facultativas, onde se dá a remoção dos patógenos, a retirada dos coliformes: a esterilização dos esgotos. Após passar pela seqüência de lagoas os esgotos tratados serão lançados no corpo receptor, o ribeirão dos Ranchos.

Na Figura 12 apresenta-se a matriz de interação de atividades, aspectos e fatores ambientais, sendo listadas na 1ª coluna as principais atividades/aspectos durante a operação da ETE e nas linhas são colocados os fatores dos meios físico, biótico e antrópico (PASQUALETTO *et al.*, 2003).

Matriz de interação de atividades, aspectos e impactos ambientais na ETE - Sub-Bacia do Córrego Tocantins.

| FATORES AMBIENTAIS   | MEIO FÍSICO            |                             |                  |                      |                 |                           | MEIO BIÓTICO         |           |                         |                       |                 |                | MEIO ANTRÓPICO          |                |                 |                |                             |                               |   |          |                |                 |   |
|--|------------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|-----------------|---------------------------|----------------------|-----------|-------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|-------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------------------|-------------------------------|---|----------|----------------|-----------------|---|
|  | ÁGUA                   |                             | AR               |                      | SOLO            |                           | ESPÉCIES E POPULAÇÃO |           |                         | HABITAT E COMUNIDADES |                 |                | ATIV. ECON.             | POPULAÇÃO      | SAÚDE           |                | USO DO SOLO                 | USO DA ÁGUA                   |   |          |                |                 |   |
|  | ALTERAÇÃO DA QUALIDADE | INTERFERÊNCIAS EM DRENAGENS | IN VEL DE RUIDOS | MATERIAL PARTICULADO | EMIÇÃO DE GASES | EROSIBILIDADE / GEOTECNIA | EQUANTIDADE          | QUALIDADE | FAUNA TERRESTRE E ALADA | FAUNA AQUÁTICA        | FLORA TERRESTRE | FLORA AQUÁTICA | FAUNA TERRESTRE E ALADA | FAUNA AQUÁTICA | FLORA TERRESTRE | FLORA AQUÁTICA | ALTERAÇÃO NO VALOR DA TERRA | MELHORIA NA QUALIDADE DE VIDA | MELHORIA DE INDICADORES ACIDENTES DE TRABALHO | RESÍDUOS | INTERFERÊNCIAS | CONFLITO DE USO |   |
| ASPECTOS / ATIVIDADES  |                        |                             |                  |                      |                 |                           |                      |           |                         |                       |                 |                |                         |                |                 |                |                             |                               |   |          |                |                 |   |
| Gradeamento de sólidos grosseiros                                      | x                      |                             |                  |                      | •               |                           |                      | x         | x                       | x                     | x               | x              | x                       | x              | x               | x              | x                           | x                             | x   | •        | •              |                 | x |
| Remoção de areia   | x                      |                             | •                |                      | •               |                           |                      |           | x                       | x                     | x               | x              | x                       | x              | x               | x              | x                           | x                             |   | •        | •              |                 | x |
| Remoção de espuma - gorduras   | x                      |                             |                  |                      |                 |                           |                      |           | x                       | x                     | x               | x              | x                       | x              | x               | x              | x                           | x                             |   |          |                |                 | x |
| Armazenamento de sólidos grosseiros, areia e espuma                    |                        | x                           |                  |                      | •               |                           |                      | x         | •                       |                       |                 | •              |                         |                |                 |                | •                           | x                             |   | •        | •              |                 |   |
| Transporte de sólidos grosseiros, areia e espuma                       |                        |                             |                  |                      | •               |                           |                      | •         |                         |                       |                 |                |                         |                |                 |                |                             |                               | •   | •        |                |                 |   |
| Produção de gases  |                        |                             |                  |                      | •               |                           |                      |           |                         |                       |                 |                |                         |                |                 |                | •                           | •                             |   | •        | •              |                 |   |
| Descarte e secagem do lodo estabilizado                                | x                      | •                           |                  |                      | x               |                           |                      | x         |                         |                       |                 |                |                         |                |                 |                |                             |                               |   | •        |                |                 |   |
| Produção de vegetação nos taludes                                      |                        |                             |                  |                      |                 |                           |                      |           | •                       |                       |                 |                |                         |                |                 |                |                             |                               |   | •        | •              |                 | • |
| Possibilidade de diminuição da eficiência da remoção de carga orgânica | •                      |                             |                  |                      | •               |                           |                      |           | •                       |                       | •               |                | •                       |                | •               |                |                             |                               |   |          |                |                 | • |
| Possibilidade de diminuição da eficiência da remoção de patógenos      | •                      |                             |                  |                      |                 |                           |                      |           | •                       |                       | •               |                | •                       |                | •               |                |                             |                               |   |          |                |                 | • |
| Erosão nos taludes   |                        |                             |                  |                      |                 | •                         | •                    |           |                         | •                     |                 | •              |                         | •              |                 | •              |                             |                               |   |          |                |                 | • |
| Resíduos líquidos e amostra de efluentes                               | x                      |                             |                  |                      | x               |                           |                      |           |                         |                       |                 |                |                         |                |                 |                | x                           | x                             |   |          | x              |                 | x |
| Resíduos sólidos - amostra de lodo                                     | •                      |                             |                  |                      |                 |                           |                      | •         |                         |                       |                 |                |                         |                |                 |                |                             |                               |   | •        | •              |                 |   |
| Cinturão verde   | x                      | x                           | x                |                      | x               | x                         | x                    | x         | x                       |                       | x               | x              | x                       | x              |                 |                |                             |                               |   |          |                | x               | x |

CARACTERÍSTICAS DE VALOR

|          |   |
|----------|---|
| POSITIVO | x |
| NEGATIVO | • |

Na matriz de interação predominam os impactos negativos, mas estes são mitigáveis, isto é, os efeitos negativos podem cessar ou serem minimizados simplesmente com medidas preventivas nas atividades e manutenção adequada dos equipamentos, enquanto os impactos positivos são permanentes e podem ser potencializados com o monitoramento constante da estação de tratamento quando em operação.

A remoção da matéria orgânica e a coleta dos sólidos grosseiros para a caixa de detritos repercutem positivamente no meio físico, biótico e antrópico recuperando, ainda que não totalmente, a qualidade da água, favorecendo a restauração do equilíbrio entre o meio físico e a biocenose, a melhoria da qualidade de vida pela redução dos riscos de transmissão de doenças de veiculação hídrica e reduzindo o conflito de uso das águas. A interação negativa ocorre com a exalação de odores e provável contaminação do solo no caso de ocorrerem falhas operacionais, o que pode trazer prejuízos ao meio biótico e antrópico.

Assim como a remoção e armazenamento de sólidos grosseiros, a remoção de areia repercute positivamente na qualidade da água devolvida ao corpo receptor.

O meio físico é alterado negativamente pela emissão de gases e pelos níveis de ruído, decorrentes do funcionamento da estação de tratamento de esgotos.

O transporte dos resíduos sólidos grosseiros, areia e espuma, e a produção de gases, é uma das principais características negativas, com influência sobre o meio físico e antrópico. A coleta e a oxidação dos gases liberados tem impacto positivo, à medida que preserva a qualidade do ar e do solo local, minimizando o incômodo dos odores.

A remoção e armazenamento de espuma tem efeito positivo na qualidade da água do corpo receptor. A possibilidade de diminuição da eficiência da remoção de carga orgânica e patógenos, em decorrência de sobrecarga ou pela baixa eficiência das unidades componentes da estação, têm conseqüências negativas, interferindo no meio físico, alterando a qualidade da água, com reflexos nos meios biótico e antrópico (PASQUALETTO *et al.*, 2003).

A síntese da avaliação dos impactos e medidas ambientais da ETE - Oeste encontram-se na Tabela 10, bem como os atributos das medidas ambientais, como a natureza (preventiva ou corretiva), a fase de adoção (projeto, implantação ou operação), a permanência (curta, média ou longa), a implementação (pelo empreendedor, poder público ou outros) e o prognóstico da área (melhoria, comprometimento moderado ou comprometimento acentuado).

**Tabela 10:** Síntese da Avaliação dos Impactos e Medidas Ambientais da ETE-Oeste na Sub-bacia do Córrego Tocantins.

| ATIVIDADES   | IMPACTOS   | MEDIDAS AMBIENTAIS  |
|--|--|---|
| Remoção e coleta dos sólidos grosseiros                              | Alteração da qualidade de água, do ar e do solo; proliferação de insetos; exalação de odores | Monitoramento constante do sistema; acondicionamento em recipientes fechados para evitar a proliferação de insetos e exalação de odores |
| Remoção de areia   | Produção de ruídos do air lifting; exalação de odores  | Operar os equipamentos com abrigo fechado e durante o dia; canalização dos gases para a caixa dissipadora de odores                     |
| Remoção de espuma  | Concentração de espuma; exalação de odores   | Acondicionamento em recipientes fechados para evitar proliferação de insetos e exalação de odores                                       |
| Armazenamento dos resíduos sólidos grosseiros, areia e espuma        | Proliferação de insetos; exalação de odores  | Acondicionamento em recipientes fechados para evitar proliferação de insetos e exalação de odores                                       |
| Transporte dos resíduos sólidos grosseiros, areia e espumas          | Alteração da qualidade da água, do ar e do solo; proliferação de insetos; exalação de odores | Acondicionamento em recipientes fechados para evitar proliferação de insetos e exalação de odores                                       |
| Produção de gases  |  | Monitoramento constante do sistema; acondicionamento em recipientes fechados para evitar a proliferação de insetos e exalação de odores |
| Descarte e secagem do lodo estabilizado                              | Concentração do lodo   | Fazer o reaproveitamento do lodo  |
| Produção de vegetação nos taludes                                    | Proliferação de insetos  | Controle constante dos operadores através de capinas  |
| Possibilidade de diminuição da eficácia de remoção de carga orgânica | Exalação de odores   | Controlar a vazão de chegada e monitoramento para verificar eficiência das unidades anteriores  |
| Possibilidade de diminuição da eficácia da remoção de patógenos      | Alteração da qualidade da água   | Controlar a vazão de chegada e monitoramento para verificar eficiência das unidades anteriores  |
| Erosão dos taludes   | Alteração da qualidade da água   | Acompanhamento das condições do talude e sua camada vegetal   |
| Resíduos sólidos - amostra de lodo                                   | Acidentes na ETE   | Implantar CIPA com equipe treinada para emergências   |
| Cinturão verde   | Redução do odor, controle de erosões   | Monitoramento constante da vegetação plantada   |

## Medidas mitigadoras

O monitoramento constante do sistema de gradeamento e coleta dos resíduos sólidos grosseiros e finos e da remoção da espuma fará com que sejam reduzidas as alterações com relação à qualidade da água, do ar e do solo. O acondicionamento desses resíduos em recipientes fechados, por curtos espaços de tempo, evita a proliferação de insetos e exalação de odores.

O lodo estabilizado poderia ser utilizado na agricultura, numa parceria entre a SABESP e os produtores rurais, como forma de se obter "resíduo zero". O substrato gerado na caixa dissipadora de odores pode ser encaminhado para uso em jardinagem.

A vazão afluyente deve ser monitorada para se evitar a sobrecarga de matérias orgânicas nas lagoas, prejudicando a eficiência do processo de depuração.

A eficiência na remoção dos patogênicos deverá ser acompanhada através da realização de exames laboratoriais de rotina, a serem detalhadamente previstos no Plano de Gestão Ambiental - P. G. A. - da estação de tratamento.

Se o sistema vier a ser operado e monitorado de forma adequada, os patógenos deixam de ser motivo de preocupação, restringindo-se os principais impactos a contaminação do solo pelos resíduos sólidos, escumas, afluentes e/ou efluentes e a destinação final do lodo; e a contaminação do lençol freático e/ou corpo hídrico superficial, devendo a futura ETE impermeabilizar suas lagoas com geomembranas de polietileno de alta densidade (PEAD).

A movimentação de terra e a drenagem superficial da área de implantação e adjacências devem ser feitas com a máxima preocupação com a conservação do solo e prevenção de erosões, considerando a elevada vulnerabilidade do Argissolo predominante a esses processos. Deve-se realizar a observação preventiva cuidadosa para se evitar, durante a implantação da ETE, as possíveis interferências em obras que possam estar enterradas.

## Conclusão

Na implantação da ETE Oeste os benefícios decorrentes compensam os impactos negativos, que podem ser evitados e/ou mitigados com manutenção e monitoramento adequados, sem os quais qualquer estação de tratamento terá sua efetividade reduzida. O método G.U.T. nos parece útil para avaliações de empreendimentos deste tipo, mas sugere-se sua aplicação e estudo em casos similares que nos forneçam bases para comparações.

As questões fundamentais neste caso nos parecem ser o risco de contaminações do solo, a obtenção de máxima eficiência nos processos de depuração e de remoção de patógenos, evitando-se problemas para o corpo receptor, e o máximo cuidado em relação à drenagem superficial na área de implantação, face à elevada vulnerabilidade do solo aos processos erosivos, que em situações extremas podem até mesmo potencializar os riscos de contaminação do solo e das águas.

## Referências

CHARBONNEAU, J.P. et al; **Enciclopédia de Ecologia**, São Paulo, EPU, USP, 1979:479p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**, 1999: 412p.

JULIANO, N.; EGER, S.; BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Ambiental. Pearson Education do Brasil, 2004.

NUCCI, N.L.R. et al. **Tratamento de Esgotos Municipais por Disposição no solo e sua Aplicabilidade no Estado de São Paulo**. São Paulo, Fundação Prefeito Faria Lima, Centro de Estudos e Pesquisas Municipais, 1978.

NUVOLARI, A et al, **Tratamento de Esgoto**. São Paulo. Edgard Bucher, 2003.

PASQUALETTO, A et al. **Avaliação dos Impactos Ambientais nas Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários: ETE - Lajes, Aparecida de Goiânia – GO**. Serviço nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI e Universidade Católica de Goiás - UCG no Curso e Especialização em Gestão Ambiental, Goiás, 2003.

PROJETO EXECUTIVO DA LBR - ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA. **Contrato n 20.705/00**: Projeto do Sistema de Afastamento e Tratamento de Esgotos do Município de Adamantina – Sede – Bacia Oeste – Unidade de Negócios Baixo Paranapanema- IB, Vol. 1, 2.000.

SALVADOR, N.N.B. **Avaliação de Impactos sobre a Qualidade dos Recursos Hídricos**. São Paulo, Tese (Doutorado)- São Carlos : E.E.S.C. da USP – Universidade de São Paulo, 1989. .

STORER, I, T et al. **Zoologia Geral**. São Paulo, Câmara Brasileira do Livro, Biblioteca Universitária, serie 3ª- Ciências Puras, vol. 8, 6 ed., Companhia Editora Nacional, 2002.

Na Internet:

POLMIT- **Nomenclatura das Plantas**. Disponível em <<http://www.polmit.com.br>>. Acesso em 23. jan.2005.

SANEAMENTO BASICO DO ESTADO DE SÃO PAULO -SABESP. **Tratamento de Esgotos**. Disponível em <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em 23 . jan. 2005.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE-SMA. **Resolução SMA 19, de 22 de março de 1996**: Estabelece Critério para o Licenciamento Ambiental dos Sistemas Urbanos de Esgotamento Sanitário. Disponível em <<http://www.ambiente.sp.gov.br>> . Acesso em: 23.jan. 2005.

\_\_\_\_\_. **Lei Federal n 9.433, de 08 de Janeiro de 1997**: Institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Disponível em <<http://www.ambiente.sp.gov.br>> . Acesso em :23.jan . 2005.

\_\_\_\_\_. **Decreto Estadual n° 8468/76**: aprova o regulamento da Lei 997, de 31 de maio 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio ambiente. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br> > . Acesso em: 10.mar.2005.

\_\_\_\_\_. **Decreto Estadual n° 10755/77**: Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no Decreto n° 8468 de 8 de Setembro de 1976, e da outra providências correlatadas . Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br> >. Acesso em: 10.mar.2005.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA n° 237/97**: Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental e no exercício da competência, bem como as atividades e empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br>> . Acesso em: 10.mar.2005.

# Construção da UHE 'Três Irmãos' e impactos sobre a mineração: importância da gestão ambiental

*Construction of UHE 'Três Irmãos' (hydroelectric factory) and impacts about the mining: importance of the environmental management*

**Omar Jorge Sabbag**

Mestre em Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental pela Unesp de Presidente Prudente e Docente na FAI

## Resumo

A implantação de usinas hidrelétricas ocasionam uma série de impactos ambientais, inclusive na atividade de mineração, e por consequência, no desenvolvimento econômico regional. Isto se evidenciou principalmente, em décadas anteriores, pela não obrigatoriedade do licenciamento ambiental para os empreendimentos. O presente trabalho tem como objetivo realizar um levantamento dos impactos causados com a construção da Usina Hidrelétrica de "Três Irmãos" em especial à atividade de mineração, na cidade de Pereira Barreto – SP, com o intuito de se estudar um planejamento ambiental adequado às situações semelhantes, e confrontá-lo com as recomendações da legislação ambiental pertinente, para implantação de novas usinas.

## Palavras-chave

Usinas hidrelétricas, impactos ambientais, gestão ambiental.

## Abstract

The implantation of hydroelectric plants causes a series of environmental impacts, also in the mineral activity, and for consequence, in the regional economic development. This we evidenced mostly, in previous decades, by the not compulsory of the environmental licensing for the enterprising activities. The present work has as objective perform a rising of the impacts caused with the construction of the



hydroelectric plant "Três Irmãos" especially to the mineral activity, in the Pereira Barreto/SP, with goal of study a better adequate environmental planning to the similar situations, confronting with the recommendations of the pertinent environmental legislation, for new plants implantation.

### Key words

Hydroelectric plants, environmental impacts, environmental management.

### Introdução

Aproximadamente 80% da energia usada no mundo advêm de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural, carvão), enquanto que 20% ficam distribuídas entre a energia hidrelétrica, nuclear, dentre outras. Segundo Müller (1995), de todas as fontes energéticas exploradas, a hidroeletricidade se destaca por ser obtida a partir da água, um recurso renovável e que permite sua reutilização à jusante, para o mesmo fim. Esta idéia contrapõe-se a atual limitação e necessidade de racionalização existente para os recursos naturais, inclusive a água.

No cenário mundial, o Brasil ocupa uma posição privilegiada. É o único país do mundo que domina a tecnologia de produção de energia hidrelétrica e reúne condições geoclimáticas para a instalação de usinas hidráulicas (WATANABE, 2001).

Os recursos hidráulicos são, onde esse potencial existe, os mais econômicos e promissores entre as alternativas energéticas convencionais (HOLTZ, 1986).

Se por um lado é inegável que a energia é fundamental para o desenvolvimento da sociedade brasileira, sendo o principal insumo para o crescimento econômico e social, por outro lado abrange um grande número de complexos impactos ao meio ambiente, indo desde impactos locais até problemas de ordem global. Especificamente com relação à hidroeletricidade, os principais impactos referem-se ao alagamento de áreas rurais, em pequenos municípios, cobertas, dependendo do caso, por matas ou com ocupações humanas.

Sendo um dos países com os maiores potenciais hidrelétricos, o Brasil instalou uma série de usinas para geração de eletricidade com enormes reservatórios, especialmente na bacia do Paraná, na região nordeste do rio São Francisco e na floresta tropical da Amazônia. Alguns dos maiores projetos foram construídos antes da efetivação da legislação ambiental pelo governo democrático. Assim, usinas hidrelétricas com um planejamento fragmentado e descoordenado têm causado graves impactos ecológicos e sócio-econômicos (KOHLHEPP, 1999).

Neste sentido, as medidas de mitigação deveriam ter sido empreendidas concomitantemente à execução do projeto, o que acabou não ocorrendo, por falta de conhecimento e por não haver exigência por parte da legislação, com a posterior obrigatoriedade do licenciamento ambiental para estas atividades empreendedoras.

Dentre os diversos impactos negativos existentes, destaca-se o impacto às atividades de mineração, que são afetadas, atingindo-se grande parte da população que trabalha nestas atividades, visto que as regiões ribeirinhas são importantes áreas de extração de materiais para construção civil, em especial para a cerâmica vermelha, areia, cascalho e brita. Como consequência, muitas pessoas são deslocadas para outras regiões, ou mesmo indenizadas; no entanto, não se sabe realmente se tais medidas são compensadoras, pois os impactos influem na economia setorial da região de produção.

Neste contexto, faz-se necessário adotar medidas mais condizentes com a área de influência impactada, apontando-se ações às novas obras geradoras de energia, sob o ponto de vista do uso sustentável do recurso natural, a água, adequando-as para a devida gestão ambiental mediadora de dificuldades e potencializadora de oportunidades na defesa do meio ambiente e com vistas às atividades sócio-econômicas nas áreas de influência.

## Objetivos

O trabalho teve como objetivo geral avaliar o impacto sócio-econômico-ambiental, em especial sobre as atividades mineradoras existentes em Pereira Barreto/SP após a implantação e enchimento do reservatório da usina hidrelétrica de “Três Irmãos”, em um estudo de caso, de forma a contribuir para o aprimoramento de estudos de impacto ambiental, que devem ter um papel importante no processo decisório de um novo empreendimento, tendo em vista a viabilidade simultânea sob os pontos de vista técnico, ambiental e social.

Especificamente, pretendeu-se realizar:

- O levantamento histórico das transformações da paisagem do município de Pereira Barreto/SP, vinculado às atividades mineradoras;
- A determinação dos possíveis impactos ocasionados nas atividades de mineração (através de “*checklist*” e matriz de interação) na região de inundação em Pereira Barreto/SP, sob o ponto de vista sócio-econômico e ambiental;
- A comparação da situação atual na área de estudo com as recomendações da legislação ambiental pertinente;
- A apresentação das propostas de “gestão ambiental”, a fim de se equacionar os impactos ambientais e sócio-econômicos decorrentes da implantação da usina, para o município de Pereira Barreto/SP.

## Procedimentos metodológicos

Analisou-se para a verificação dos impactos ocasionados pela implementação da usina UHE ‘Três Irmãos’ (Figura 1) o EIA (Estudo de Impacto Ambiental) e RIMA (Relatório de Impacto Ambiental), ambos contratados pela CESP (Companhia Energética de São Paulo, 1991), além de censos estatísticos do IBGE para se caracterizar as atividades econômicas de mineração anteriormente existentes e afetadas pela usina.



FIGURA 01. Localização da UHE “Três Irmãos”, no município de Pereira Barreto/SP, na região do baixo Tietê, fazendo parte do complexo de Urubupungá (Jupia e Ilha Solteira).

Fonte: CESP (Companhia Energética de São Paulo)

A coleta de dados foi realizada através de questionário apropriado, envolvendo questões abertas e de múltipla escolha, o qual foi respondido por pessoas envolvidas no processo (comerciantes, presidentes de cooperativas, políticos e pessoas que fazem parte do assentamento que se formou após o enchimento do lago), com o propósito de analisar a população residente e a infra-estrutura da cidade de Pereira Barreto/SP em relação ao histórico da construção da UHE ‘Três Irmãos’. As questões foram aplicadas relativamente aos impactos culturais, exploração de jazidas, mudanças de atividades, realocação e perda de propriedade junto à população impactada – na construção e operação da usina.

Para avaliação dos impactos causados pela construção da usina, utilizou-se métodos para identificar os impactos, como o “checklist” - *listagem de controle*. Segundo Mota (1995), os métodos de listagem buscam, através da identificação dos impactos negativos, proporem as principais ações (medidas mitigadoras) a serem desenvolvidas com o objetivo de minimizar os impactos sobre o meio ambiente físico, biótico e antrópico.

Como complemento do *check-list*, foi aplicada a matriz de interação. Ressalta-se que se fez uso de mais de um método para melhor avaliar, interpretar e correlacionar com os resultados do método anterior. A matriz de interação consiste na construção de matrizes, com os fatores ambientais em um dos eixos e no outro as diversas ações referentes ao projeto; na intersecção de linhas e colunas, assinalam-se os prováveis impactos de cada ação em relação a cada fator ambiental.

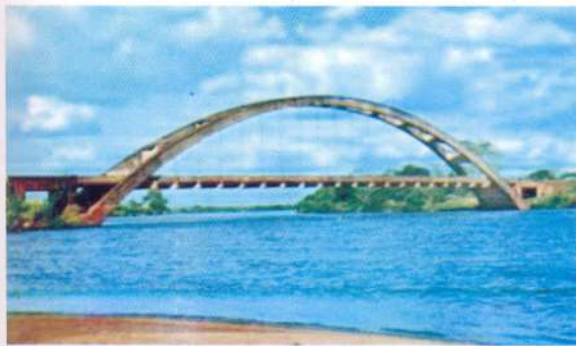
Os resultados sugerem novos estudos que subsidiem a implementação das ações mitigadoras dos impactos causados pelos reservatórios nas minerações locais e de suas implicações sócio-econômicas regionais. Os conhecimentos obtidos podem ser utilizados como referência para novos reservatórios que eventualmente venham a ser estudados ou implantados, inseridos em um gerenciamento ambiental que interaja com as políticas governamentais e a legislação correlata, contribuindo para a sustentabilidade do desenvolvimento.

## Resultados parciais

A implantação da UHE “Três Irmãos” no município de Pereira Barreto/SP ocasionou diferentes impactos sociais econômicos e ecológicos, desestruturando o processo de desenvolvimento do município, em suas atividades econômicas, iniciado com a colonização japonesa na região. Isso foi comprovado com a aplicação de questionários para uma amostra de 20 pessoas de diferentes níveis sócio-econômicos.

De uma forma geral, durante a construção da UHE, houve redução na população rural (devido à redução de áreas produtivas) e urbana. Ressalta-se que a oferta de empregos foi apenas durante a construção do empreendimento, em que havia “papa filas” (nº excedente de pessoas não qualificadas à procura de serviço). Após o término da construção, os “papa filas” e a classe alta emigraram para outras regiões, restando no local pessoas de classes médias.

Neste período houve muitas perdas agropecuárias (redução de pasto, da produção agrícola, desânimo de produtores, de equipamentos agrícolas), além daquelas culturais/históricas, como, as cachoeiras, a “Ilha Seca” (local de lazer e área de reserva natural), o “Murai” (propriedade particular de visitação, baseada em modelo japonês), a ponte “Novo Oriente” (Fotos 1A e 1B), construída com recursos do Japão, dentre outros.



FOTOS 01A : A ponte “Novo Oriente” na época de sua construção; 01B: durante o enchimento do reservatório; A ponte atualmente acha-se submersa pelas águas do reservatório da UHE “Três Irmãos”.

Outro problema apontado foi a alteração existente nas edificações locais (causando rachaduras provenientes da infiltração do lençol freático), questão não bem resolvida pela CESP, com ações de ressarcimento e construção de casas populares. Inclui-se atualmente como consequência a falta de qualidade da água, retirada de um poço profundo construído pela CESP, ela precisa ser resfriada e tem aspecto salobro.

Em relação às perdas de propriedades – na verdade foram indenizadas (após um período de 3 a 4 anos) ou as pessoas realocadas para outras áreas, destacam-se como impactos a baixa valorização do imóvel, comparativamente à proximidade do centro, a limitação de áreas produtivas e a ausência de escritura de posse das áreas, o que, por não representar garantia junto as instituições bancárias foi fator impeditivo na obtenção de financiamentos para futuras benfeitorias. Isto teve reflexos inclusive no processo de emigração da população para outras regiões.

No tocante às atividades de mineração e aos proprietários de áreas de extração de argila (jazidas minerais não metálicas) estes foram indenizados e transferidos para outras áreas. O grande entrave foi que a transferência de matéria-prima limitou-se a um período restrito, com reservas suficientes para cerca de 15 anos (Foto 2), deixando-se talvez de se constituir, Pereira Barreto, num pólo cerâmico, e de se agregar assim valores à economia regional. A questão a ser colocada e refletida é no tocante às alternativas propostas pela CESP – estas denominadas compensatórias – para a atividade mineradora, geradoras de trabalho para as pessoas envolvidas na atividade. Será que a economia setorial estabilizou-se com tais medidas?



FOTO 02: Vista aérea da Cerâmica Urubupungá, destacando-se a reserva de argila para a sua produção, limitada a 15 anos.

No uso do *checklist* a restrição ateve-se às ações de desapropriação e remoção da população e à exploração de áreas de empréstimo e jazidas minerais (areia e argila), como apontados na Tabela 1.

**TABELA 1:** A listagem de possíveis impactos e de medidas mitigadoras (CHECKLIST) na construção da UHE “Três Irmãos” sobre a atividade de mineração.

| Ações  | Impactos ambientais  | Medidas mitigadoras   |
|--|--|---|
| A desapropriação e remoção da população      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desagregação familiar</li> <li>- Mudança de atividades</li> <li>- Impactos culturais</li> <li>- Remoção da população</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Indenizações justas</li> <li>- Aproveitamento da população em futuros projetos</li> <li>- Aproveitamento de materiais e benfeitorias das propriedades</li> </ul> |
| A inundação de áreas de empréstimo e jazidas | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento da erosão</li> <li>- Redução de matéria-prima</li> <li>- Perda econômica da atividade</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reflorestamento</li> <li>- Reaterro de material não utilizado</li> <li>- Realocações adequadas, com reserva de matéria-prima substancial.</li> </ul>             |

Fonte: dados da pesquisa.

Paralelamente ao *checklist*, a utilização da matriz de interação (Tabela 2) reforçou melhor a interpretação dos resultados obtidos. Sendo assim, no **Eixo das abscissas (X)** estão as características diversas do meio físico, biótico e antrópico; no **Eixo das ordenadas (Y)** as diversas ações do empreendimento (implantação e operação). A **Interseção dos eixos** resultou na classificação dos impactos: + (positivos); - (negativos); G,B (grande ou baixa intensidade); D,I (direto/indireto); P,T (permanente/temporário).

Neste caso foram especificados como meio físico (áreas de exploração), biótico (aspectos sociais) e antrópico (emprego/renda e desenvolvimento). Em relação às ações do projeto destacaram-se: desapropriação/remoção da população, exploração de empréstimos, realocação da infra-estrutura, presença da barragem, abastecimento humano e ações de caráter social.

**TABELA 2:** A matriz de impactos para o projeto da usina hidrelétrica.

|                               |    | características do meio |                  |               |                 |
|-------------------------------|----|-------------------------|------------------|---------------|-----------------|
|                               |    | Meio Físico             | Biótico          | Antrópico     |                 |
|                               |    | áreas de exploração     | aspectos sociais | emprego/renda | desenvolvimento |
| Ações do projeto              |    | x1                      | x2               | x3            | x4              |
| desapropriação populacional   | y1 |                         | - GDP            |               |                 |
| exploração de empréstimos     | y2 | - GDP                   |                  | + BDT         |                 |
| realocação da infra-estrutura | y3 |                         | - GIP            | - GDT         |                 |
| presença da barragem          | y4 | - GDP                   |                  |               | + GIP           |
| abastecimento humano          | y5 |                         | + GIT            |               | - GIP           |
| ações sociais                 | y6 |                         | + BDT            | - BIP         | - GIP           |

Pode-se observar que de uma maneira geral os impactos negativos de grande intensidade, diretos e permanentes superaram os positivos. Poder-se-ia concluir pela não execução do empreendimento, e que houve falta de planejamento real na zona de implantação. Este fato se comprova pelos grandes impactos sociais e econômicos ocasionados pela inundação e enchimento do reservatório, não previstos adequadamente no EIA/RIMA, como por exemplo, a perda do setor minerário, com prejuízo significativo à economia e a geração de empregos no município, atividades que ficaram limitadas por uma pequena quantidade de matéria-prima realocada pela CESP.

Grande parte dos impactos negativos diretos ocorreram nos meios físico e biótico, como consequência da obra de execução do reservatório e consequente acúmulo de água em áreas de exploração (com destaque para os solos e matérias-primas existentes), exploração de áreas de empréstimo, inundação da área, dentre outros. Já para o meio antrópico, o maior impacto resultou na remoção das pessoas residentes em áreas alagadas, com prejuízos às atividades econômicas, em especial a mineração e agricultura. Vale destacar que a maior parte dos impactos negativos foi em grande vulto (de forma permanente), caracterizando-se numa irreversibilidade da paisagem em seus mais variados aspectos (físicos, culturais, econômicos).

Em síntese, os efeitos indiretos da obra determinaram a insustentabilidade sócio-econômica do desenvolvimento local e regional, descaracterizando-se a fixação de descendentes japoneses e de outras etnias.

O aspecto positivo ao município foi à inserção da atividade do turismo, influenciada pelas "praias" originárias do reservatório da usina e pela própria obra, mas com baixa motivação de consumo em Pereira Barreto/SP, apesar de caracterizar-se como estância turística.

Sob a égide da legislação ambiental, percebem-se várias divergências quanto à implementação da usina e os benefícios à comunidade. Como exemplos, em relação à resolução CONAMA n.º. 01/86 (Avaliação de Impacto Ambiental), as perdas irreparáveis ocorridas colidem diretamente com o artigo 6º, inciso c da referida resolução, que trata da preservação do meio sócio-econômico:

"o meio sócio-econômico, o uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e a potencial utilização futura desses recursos. A resolução CONAMA 006/87, disciplinou a necessidade da elaboração de EIA/RIMA para empreendimentos iniciados anteriormente à resolução 001/86, o que significa que o fato da construção da usina de "Três Irmãos" em Pereira Barreto/SP ter-se dado há mais de 20 anos não afasta a obrigatoriedade da elaboração e aprovação do referido estudo. Por consequência, a CESP (Companhia Energética de São Paulo) não poderia empreender tão vultosa obra, sem a necessária aprovação do EIA/RIMA pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA).

## Conclusão

Não se duvida dos efeitos dinamizadores para a economia regional com a implantação de obras como esta; entretanto, o potencial de desenvolvimento não está relacionado apenas ao empreendimento existente, mas guarda relação com as condições estruturais que no sistema social limitam o desenvolvimento. Em outras palavras, a infra-estrutura constitui uma condição necessária ao desenvolvimento, mas não suficiente.

Diante do cenário em que a sociedade é cada vez mais exigente, organizada e informada, a adoção de um plano adequado de gestão de conflitos se torna cada vez mais estratégico. Entretanto, os empreendedores deveriam adotar o procedimento de envolvimento e sensibilização das comunidades desde os

estudos iniciais, reduzindo-se assim, de forma drástica, os riscos de conflitos posteriores. O que todos precisam compreender é a efetividade do princípio do desenvolvimento sustentável, o qual tem por finalidade “proteger o ambiente do uso indiscriminado, não do uso racional e equilibrado”.

Em relação a este trabalho, apesar dos mais variados impactos que ocorreram no meio físico e biótico, o destaque foi dado aos sócio-econômicos, pelo fato de que grande parte da população de Pereira Barreto/SP ter perdido sua atividade econômica originária (a mineração), havendo custos de compensação (custos incorridos nas ações que visam compensar os impactos sócio-ambientais provocados por um empreendimento nas situações em que a reparação é impossível) e não simplesmente de mitigação (para redução das conseqüências). Isto acarretou por si só uma queda na economia regional, desterritorializando-se a população imigrante, com seu modo de vida e suas tradições.

Neste contexto, registre-se a alternativa das pequenas usinas hidrelétricas geradoras de eletricidade (até 30 MW), que são importantes para o desenvolvimento, sob o ponto de vista social, aumentam a oferta de energia barata em pequenas comunidades existentes em regiões afastadas, além de causarem reduzido impacto ambiental, por provocarem pequenas áreas de alagamento e aproveitarem as quedas naturais dos rios (AMARAL & PRADO JR., 2000).

É fato que a produção de energia utilizando-se o grande potencial hidráulico existente no Brasil é necessária e positiva sob a ótica de se evitar os grandes lançamentos e o aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera associados à queima de combustíveis fósseis e a outras formas de geração. Mas diante dos fatos apontados neste estudo de caso, percebe-se que o uso das PCH's (pequenas centrais hidrelétricas), com impactos não tão representativos, pode gerar uma potência satisfatória para suprir a demanda de algumas comunidades, e atende ao princípio da sustentabilidade local/regional em seu mais amplo conceito, com melhores possibilidades de aproveitamento e gestão dos recursos naturais, favorecendo os processos produtivos locais e regionais, ao invés de desestruturá-los e de forma harmônica com os aspectos sócio-ambientais.

## Referências

- AMARAL, C.A.; PRADO JR., F.A. **Pequenas centrais hidrelétricas no Estado de São Paulo**. São Paulo: Páginas & Letras, 2000. 281 p.
- CESP. **UHE Três Irmãos**: Relatório de Impacto Ambiental. RIMA. São Paulo, 1991. 72 p.
- HOLTZ, A.C.T. et al. **Energy policies and strategies for water resource development**. Prel. Rep. UNESCO IHP II. Project 12.2. Paris, 1986. 68p.
- KOHLHEPP, G. **Grandes projetos de barragem no Brasil**: problemas ecológicos e sócio-econômicos. Revista de Estudos Ambientais, Abril 1999. Disponível na internet: <http://www.ipa.furb.br/revista11.html>. Acesso em: 20 set. 2002.
- MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 187 p.
- MÜLLER, A.C. **Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento**. São Paulo: Makron Books, 1995. 412 p.
- WATANABE, R.M. **Usinas hidrelétricas**. Junho/2001. Disponível na internet: <http://www.ebanataw.com.br/roberto/energiaener7.htm>. Acesso em: 22 set. 2002.

# **Implantação de uma Usina de Triagem e Compostagem de Lixo Domiciliar Urbano em Adamantina-SP, na área de Aterro Sanitário, com ênfase na avaliação ambiental**

*Implantation of a factory of selection and compounding of urban domiciliary garbage in Adamantina-SP, in the sanitary earthwork area, with emphasis in the environmental evaluation*

**Washington Angelo Ríssoli, Cristhiane Vicentini Gavazzi,  
João Dimas Gavazzi, Myrian Rodrigues e Milton G. Torres Filho**

Discentes de Pós Graduação "Latus Sensu" na FAI - Identificação de Agentes Poluidores Avaliação de Impactos Ambientais

**Rogério Menezes de Mello**

Mestre em Oceanografia Biológica pela Universidade do Rio Grande e docente na FAI

## **Resumo**

Este trabalho tem por objetivo principal a avaliação, com ênfase na variável ambiental, da transferência da usina de triagem e compostagem de lixo domiciliar urbano para a área do aterro sanitário da cidade de Adamantina - SP. Elaborou-se para a conclusão do curso de Especialização em Identificação de Agentes Poluidores e Avaliação de Impactos Ambientais da FAI - Faculdades Adamantinenses Integradas um RAP-Relatório de Avaliação Preliminar-que é o primeiro documento a ser apresentado para o Licenciamento Ambiental no estado de São Paulo. Sua função é instrumentalizar a decisão de exigência ou não do Estudo de Impacto Ambiental – EIA para obtenção de Licença Prévia, ou de avaliar o empreendimento quando este for dispensado do EIA. Em caso de exigência, juntamente com outros instrumentos, subsidiará a definição do termo de referência do Estudo de Impactos Ambientais. Quando ocorre a dispensa do EIA a avaliação do empreendimento é feita baseada no conteúdo do RAP.

O RAP deve abordar a interação entre elementos dos meios físico, biológico e socio-econômico, buscando-se a elaboração de um diagnóstico integrado da área de influência do empreendimento, possibilitando a avaliação dos impactos resultantes da implantação do empreendimento, e a definição das medidas mitigadoras, de controle ambiental e compensatórias, necessárias a sua viabilização ambiental.

Este estudo tem fundamentos muito próximos da realidade: são apresentadas a descrição do empreendimento, a disponibilidade da matéria-prima. Os Impactos Ambientais que este empreendimento pode



gerar foram identificados e as medidas mitigadoras, compensatórias e de controle ambiental apresentadas.

### **Palavras-chave**

Usina de triagem e compostagem, lixo domiciliar, aterro sanitário, RAP (Relatório Ambiental Preliminar), medidas mitigadoras e compensatórias.

### **Abstract**

This work has for main objective to evaluate, with emphasis in the environmental variable, the transference of an urban residential garbage recycling mill on the area of the sanitary earthwork in the city of Adamantina – SP. One elaborated for the conclusion of the course of Specialization in Identification of Polluting Agents and Evaluation of Environmental Impacts of the FAI - Adamantinenses Faculties Integrated. The RAP- a Preliminary Environment Report (PER) - which is the first document to be presented to the Environment License – EIA, for previous attainment, or to evaluate the enterprise when this will be excused from the EIA. In requirement case, it will subsidize the definition of the term of reference for the EIA. When the EIA excuse happens the evaluation of the enterprise is done based on PER content.

The PER must approach the interaction among physical, biological and social-economic where withal elements, searching for an elaboration of a complete diagnoses of the importance enterprise area. The PER must facilitate the evaluation of the impact resulted by the enterprise implant, and the definition of the mitigating measures, of environment control and compensatory, essential for its operation.

The study done has tenet very close to the district reality, all the productive process, the survey about the raw material assets was carefully appraised .

The Environment Impacts which this enterprise might cause were identified; mitigating measures, compensatory and environmental control were presented.

### **Key words**

Urban residential garbage recycling mill; sanitary embankment, the sanitary earthwork; RAP- Preliminary Environmental Report (PER); environmental control and compensatory measures.

### **Introdução**

Em 1994, por meio da Resolução SMA nº. 42 que normatizou os procedimentos para o licenciamento ambiental no Estado de São Paulo, foi criado o Relatório Ambiental Preliminar (RAP), como um documento inicial que pode tornar dispensável a elaboração do EIA/RIMA para a obtenção das três licenças previstas - licença prévia / licença de instalação / licença de operação. O conteúdo mínimo do RAP compreende: objeto do licenciamento; justificativa do empreendimento; caracterização do empreendimento; diagnóstico ambiental preliminar da área de influência; identificação dos impactos ambientais; medidas mitigadoras. Como trabalho de conclusão do curso de Especialização em Identificação de Agentes Poluidores e Avaliação de Impactos Ambientais procurou-se realizar um estudo preliminar de avaliação de impactos em relação à proposta de transferência da Usina de Triagem e Compostagem de lixo Domiciliar Urbano para área anexa ao Aterro Sanitário da cidade de Adamantina, S.P.

Este estudo tem fundamentos muito próximos da realidade, toda a descrição sobre a implantação e funcionamento do empreendimento, a disponibilidade dos materiais foram levantados; com o apoio da

Prefeitura Municipal de Adamantina através de seu Departamento de Engenharia.

Consideraram-se os detalhes do empreendimento, com ênfase nos impactos ambientais previsíveis, para que se pudesse discutir a viabilidade ou não da implantação dessa unidade nas circunstâncias estabelecidas.

Os métodos disponíveis para a avaliação de impactos ambientais, em sua maioria, resultam de evolução de outros já existentes. Alguns são adaptações de técnicas do planejamento regional, de estudos econômicos ou de ecologia, como por exemplo, a análise de potencialidade de utilização do solo e de usos múltiplos de recursos naturais, análise de custo e benefício, modelos matemáticos etc. Outros foram concebidos no sentido de considerar os requisitos legais envolvidos, como é o caso dos Métodos das Matrizes e das Redes de Interação. Esses métodos têm em comum a característica de disciplinarem os raciocínios e os procedimentos destinados a identificar os agentes causadores e respectivas modificações decorrentes de uma determinada ação ou conjunto de ações (BRAGA, 2002).

Á medida que a avaliação de impactos ambientais passou a ser uma atividade institucionalizada e regulamentada pelo poder público nacional, estadual e inclusive local, um dos critérios essenciais para a formulação ou a utilização de um método é o da verificação das particularidades dessa ação pública, a começar pela definição do que é legalmente considerado impacto ambiental. No Brasil, no âmbito de União, por exemplo, essa definição esta contida no artigo 1º da Resolução CONAMA nº. 001/86: “Para efeito desta resolução, considera-se Impacto Ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais”.

Finalmente, considera-se ainda desejável que o método caracterize os impactos quanto a sua relevância/importância e sua magnitude. Utilizamos neste estudo o Método das Matrizes de Interação, que é uma evolução das listagens de controle, podendo ser considerado listagens de controle bidimensionais. Dispondo em coluna e linha os fatores ambientais e as ações decorrentes de um projeto, é possível relacionar os impactos de cada ação nas quadrículas resultantes do cruzamento das colunas com as linhas, preservando as relações de causa e efeito. Se percorrermos as filas das matrizes correspondentes a cada uma das ações é possível detectar as que são potencialmente responsáveis pelo maior número de impactos. Utilizando-se indicadores que quantificam ou qualificam esses impactos pode-se configurar o potencial de impacto de cada ação, de modo útil para fixar medidas mitigadoras de impactos adversos ou amplificadoras de impactos benéficos.

## **Empreendimento**

### **Objetivo do licenciamento**

A reimplantação da atual Usina de Triagem e Compostagem de Lixo Domiciliar Urbano (resíduo classe II – NBR 10004) de Adamantina, transferindo-a para área anexa ao aterro sanitário; esta Usina tem a capacidade de processamento de até 20 ton/dia em jornada de 08 horas.

O aterro sanitário foi planejado de acordo com as normas técnicas estabelecidas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) – NBR – nº. 8416 e licenciado junto à CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo), com a licença de operação nº. 12000227.

### **Justificativa**

Existe a necessidade da transferência da Usina de Triagem e Compostagem de Lixo Domiciliar Urba-

no que se encontra em condições precárias de operação, situada próximo ao córrego Tocantins, colocando-o em constantes riscos de contaminação, e distante 5 km do pátio de compostagem e do aterro sanitário de Adamantina-S.P, prejudicando a eficiência do tratamento e destinação dos resíduos sólidos domiciliares.

Desta forma, unificar-se-iam as atividades. Em hipótese, os problemas atuais seriam resolvidos de forma racional, ambientalmente viável e corrigindo-se as distorções das opções políticas da época da implantação desta unidade, realizada em área do antigo lixão da cidade pois acreditava-se que seria melhor instalar a usina numa área já degradada, independente da sua localização às margens do córrego Tocantins- fotos 1 e 2 - que já recebia, e ainda recebe, esgotos sanitários da cidade sem tratamento, águas pluviais contaminadas, esgotos do matadouro municipal, etc.



*Foto 1: Rejeitos da Usina na margem do córrego Tocantins aguardando para serem transportados.*



*Foto 2: Com o acúmulo de rejeitos, o chorume produzido contamina o córrego Tocantins.*

A completa transferência da usina para a nova área propiciaria uma administração mais efetiva de todo o sistema, evitando-se desvios operacionais, liberando-se a antiga área para a sua recuperação ambiental e posterior utilização por atividade menos agressiva. Com o sistema de Usina de Triagem e Compostagem de Lixo operando em conjunto com o aterro sanitário e administrado corretamente seguindo-se as normas estabelecidas teríamos a forma mais racional de se tratar o lixo domiciliar, ainda mais na perspectiva da implantação de um projeto de coleta seletiva, com a coleta diferenciada dos recicláveis e do lixo úmido, pois:

- Aterrar-se-iam somente os materiais recicláveis sem interesse comercial no momento da triagem, diminuindo assim a quantidade de áreas sacrificadas e contribuindo para a ampliação da vida útil do aterro sanitário.

- Extrair-se-iam os materiais inorgânicos recicláveis de interesse comercial com muito mais qualidade, e iriam ser trabalhados e acondicionados de forma a atender a demanda das indústrias recicladoras.

- A recuperação da fração orgânica contida no lixo e sua posterior transformação em composto orgânico, pelo processo de fermentação aeróbia, poderiam ser feitas com ganhos de qualidade, evitando-se contaminações, e atendendo às necessidades de pequenos produtores rurais e do próprio poder público municipal e outras entidades.

- O tratamento de efluentes tornar-se-ia mais fácil e seguro, pois a área de maior concentração orgânica, o pátio de compostagem, já se encontra na área anexa ao aterro e é pavimentado, com drenagem do chorume para a lagoa de chorume.

- As valas do aterro de rejeitos também teriam seu sistema de coleta e retirada de gases e chorume, embora saibamos de antemão que os efluentes oriundos de um aterro de rejeitos são bem menos agressivos que aqueles gerados por um aterro sanitário de lixo cru, pois esses rejeitos são compostos basicamente de materiais inertes. O aterro de rejeitos receberia apenas eventualmente, materiais com concentrações orgânicas mais elevadas em casos de paradas para a manutenção dos equipamentos da Usina.





*Foto 3: Guarita da atual Usina de Triagem e Reciclagem de Lixo Domiciliar Urbano.*

#### **Recepção do lixo cru (Foto 4)**

Construção em estrutura metálica, equipada com ponte rolante, piso interno e excedente externo, pavimentado e dotado de drenagens pluviais, onde os caminhões descarregam o lixo proveniente de coleta diária.



*Foto 4 – Inicia-se a alimentação da moega, por meio de pá carregadeira.*

### Alimentação (Foto 5)

O lixo depositado na recepção é transferido para a moega dosadora através da ponte rolante equipada com garra hidráulica. Esta moega pode também ser alimentada diretamente por pá carregadeira, caso a ponte tenha que passar por algum período de manutenção. Tem a função de receber o lixo em sua forma bruta e efetuar, de maneira uniforme e continuada, a transferência do lixo para a esteira de triagem.



Foto 5: Detalhe lateral da moega de recebimento do lixo cru.

### Triagem (Foto 6)

A separação dos materiais inorgânicos recicláveis de interesse comercial é feita manualmente nesta seção por funcionários braçais, dispostos em ambos os lados da esteira transportadora, onde retiram em materiais recicláveis de 08 a 10% do peso do lixo bruto. Estes são recolhidos em carrinhos de mão, e transportados para o pátio de apoio, onde é feita uma separação mais fina (por cor, tipo, etc.) e ficam expostos ao sol durante certo período de tempo, tornando-se mais secos, o que melhora suas condições de enfardamento e estocagem.



Foto 6: Esteira de triagem, com os carrinhos de recepção dos materiais separados.

### Prensagem e estocagem dos recicláveis

Os papéis e os plásticos: (Fotos 7 e 12) são separados por famílias, prensados e enfardados, e armazenados em área coberta por estrutura metálica. Os metais e as latas (Foto 11) são prensados em fardos de 0,50 x 0,50 x 0,50 m utilizando-se prensa hidráulica de 45 ton, e estocados em pilhas a céu aberto.

Os vidros e outros (Foto 13) são separados por tipo e ficam acondicionados em baias à espera de sua comercialização (Foto 7).



*Foto 7: Materiais plásticos separados, coloridos e transparentes, em fase de secagem ao sol.*

### Peneiramento cambiável, fase primária: (Fotos 8 e 9).

Após a passagem pela esteira de catação, o lixo já sem os materiais recicláveis, é encaminhado através de uma esteira de elevação para a peneira primária, que faz a remoção mecânica de todos os materiais com granulometria superior a 3". Estes materiais removidos caem em um silo situado na extremidade da peneira primária, onde ficam armazenados por um curto período, até serem retirados por caminhão basculante e encaminhados ao aterro sanitário para rejeitos.

Os materiais que passam pela malha da peneira primária (menos que 3") são constituídos na sua quase totalidade de matérias orgânicas e caem também em um silo, onde ficam armazenados temporariamente até serem retirados por caminhão basculante e transportados até o pátio de compostagem, onde passariam pela fase de decomposição aeróbia, transformando-se em composto orgânico.



**Foto 8:** A esteira de alimentação da peneira



**Foto 9:** A peneira de separação

## Compostagem

O processo utilizado é o aeróbio em leiras, feito sobre um pátio pavimentado e ladeado por canaletas para a coleta de líquidos percolados ou pluviais. Neste processo são controladas as temperaturas, teor de umidade e pH. Em períodos de seca é feita a recirculação do chorume pelo interior das leiras como forma de aumentar a concentração orgânica no composto e conseqüentemente diminuir a quantidade que irá para o sistema de tratamento de chorume.

### Peneiramento cambiável, fase secundária

Após o período necessário ao processo de compostagem, o material orgânico, agora transformado em composto, é levado ao sistema de peneiramento conjugado, sendo processado pela peneira secundária, que remove do composto curado os materiais com granulometria superior a 3/8". Estes materiais removidos caem em um silo situado na extremidade da peneira onde aguardam para serem retirados por caminhão basculante e levados para o aterro sanitário de rejeitos. Este peneiramento cambiável tem uma dupla função. Executa-se em duas fases, anterior e posterior à compostagem.

Na fase anterior, o objetivo é remover materiais inertes (inorgânicos). O benefício deste procedimento é claro:

- As leiras conterão maior concentração de orgânicos, e conseqüentemente teremos um pátio de compostagem consideravelmente menor e mais barato.
- São diminuídos também os gastos com revolvimento e aeração das leiras, o que se faz usualmente com pá carregadeira, já que se estaria trabalhando com leiras menores.

Na fase anterior o peneiramento melhora a qualidade do composto, uma vez que eliminamos várias possibilidades de contaminações decorrentes do contato prolongado da matéria orgânica com inertes (tinta, metais, etc.) que acabarão se incorporando ao composto através da ação de microorganismos, ácidos e intemperismos.

As funções primária e secundária deste equipamento são obrigatoriamente desempenhadas em horários distintos, pois elas requerem a utilização dos mesmos equipamentos de alimentação da Usina, ou seja, da ponte rolante, garra hidráulica, esteira de catação, e esteira de elevação. O peneiramento cambiável conduz, dessa forma, a custos de implantação sensivelmente menores.

Com a adição de uma outra moega alimentadora e outra esteira de elevação, pode-se transformar este conjunto de cambiáveis para peneiramento conjugado, onde as duas operações poderiam ser efetuadas simultaneamente. Com isso teríamos um ganho em horas de disponibilidade dos equipamentos de triagem e de processamento de composto e, conseqüentemente, um aumento da capacidade de



processamento da unidade da ordem de 30%.

### **Tratamento de efluentes líquidos (chorume)**

A geração de chorume acontece em cinco setores: proveniente do pátio de compostagem, das valas do aterro de rejeitos, da área de recepção, da lavagem dos equipamentos, da lavagem do pátio de apoio e estoque de material. Esta subdivisão permite a recirculação entre dois destes setores:

· O chorume proveniente do pátio de compostagem é aspergido de volta sobre as leiras de compostagem com o auxílio de um sistema especialmente projetado para este fim: caixa coletora, bomba, etc. Desta forma o chorume fica mais tempo exposto ao sol aumentando sua taxa de evaporação. Isso faz com que sua fração orgânica não evaporada seja reincorporada ao composto. Os benefícios obtidos com esta recirculação são em resumo:

- Aumento da concentração de orgânicos no composto e, conseqüentemente diminuição da concentração de orgânicos que vai para a lagoa de tratamento de efluentes;

- A lagoa de tratamento só receberá efluentes em períodos de chuva.

Os efluentes oriundos das valas do aterro de rejeitos são, de forma semelhante, recirculados entre as próprias valas, das mais novas para as mais antigas. Os benefícios obtidos são os mesmos da recirculação no pátio de compostagem.

### **Setor de composto acabado**

Faz-se necessário uma área para a estocagem do composto acabado, pois o mesmo obedece algumas considerações de ordem econômico-administrativa, tais como: 52 fins de semana (104 dias); Chuvas anuais (80 dias); Feriados (10 dias), o que totaliza 194 dias, restando em dias úteis por ano para a operação de peneiramento apenas 171 dias.

### **Setor administrativo (Foto 10)**

O setor administrativo é composto de áreas necessárias para escritório, sala de reuniões, almoxarifado, cozinha, refeitório, sanitários e vestiários e áreas para estacionamento.



**Foto 10:** Atual prédio administrativo da Usina de Triagem e Reciclagem de Lixo

## Estimativa quantitativa e caracterização qualitativa dos resíduos

O sistema receberia somente resíduos classe II (não inertes) e classe III (inertes); NBR-10004, ou seja, resíduos domiciliares urbanos. Com o sistema de peneiramento proposto, em substituição ao moinho triturador, esta divisão de resíduos fica mais bem caracterizada, pois mesmo recebendo a massa de lixo bruto proveniente da coleta regular (não seletiva) a peneira primária faz a separação da fração orgânica (classe II) da inorgânica (classe III).

São conduzidos ao pátio de compostagem quase que exclusivamente materiais orgânicos (classe II). Os materiais que não passam pela malha da peneira primária (rejeitos) são classificados como inertes (classe III), e conduzidos para as valas do aterro de rejeitos.

### No aspecto quantitativo considera-se:

|   |                      |
|---|----------------------|
| - A população   | = 35.000 habitantes; |
| - A produção de lixo /hab./dia                          | = 0,5 kg/hab/dia;    |
| - A produção total de lixo por ano                      | = 6.387,50 ton/ano;  |
| - A fração orgânica (composto pronto para uso agrícola) | = 1.920 ton/ano;     |
| - Os reciclados   | = 827 ton/ano;       |
| - A evaporação + percolação                             | = 929 ton/ano;       |
| - Os rejeitos aterrados                                 | = 2.711,50 ton/ano.  |

(Fonte: SCHALCH, V; et al - Gerenciamento de Resíduos Sólidos - EESC-USP-2000).

## Identificação e caracterização das fontes geradoras de resíduos

As fontes geradoras consistem basicamente de residências, comércio, resíduos do sistema de saúde e farmácias. Somente passará pela triagem os resíduos provenientes de domicílios e comércio. Os resíduos gerados pelas farmácias e serviços de saúde devem ser coletados separadamente e aterrados em valas especiais, recebendo cal e cobertura com solo e identificação.

## Geração de efluentes líquidos

A água proveniente da lavagem de pisos e equipamentos, o chorume do pátio de compostagem, e dos fundos de valas de aterro e todas as águas pluviais que tiverem contato com o lixo são considerados efluentes líquidos. Na estimativa dos volumes destes efluentes consideram-se os seguintes valores:

### No pátio de compostagem

|  |                           |
|--|---------------------------|
| - Percolação (10% de 929 ton/ano)              | = 93 ton/ano.             |
| - Densidade do chorume (1 ton/m <sup>3</sup> ) |                           |
| - Volume percolado                             | = 93 m <sup>3</sup> /ano. |

### Nas áreas expostas, sujeitas a chuva.

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| - Área de recebimento de lixo - 25 x 30 m                         | = 750 m <sup>2</sup>        |
| - Área da esteira de catação - 15 x 15 m                          | = 225 m <sup>2</sup>        |
| - Área do peneiramento - 6 x 10 m                                 | = 60 m <sup>2</sup>         |
| - Área de apoio - 18 x 25 m                                       | = 450 m <sup>2</sup>        |
| - Pátio de compostagem  | = 3.360 m <sup>2</sup>      |
| - Índice pluviométrico - média anual (IAC de Adamantina)          | = 1.380 mm/ano              |
| - Volume total de efluentes (4.845 m <sup>2</sup> x 1.380 mm/ano) | = 6.686 m <sup>3</sup> /ano |

### Na lavagem semanal da usina

|  |                          |
|--|--------------------------|
| - Uso de lava jato com vazão de                        | = 10 litros/min.         |
| - Duração da lavagem                                   | = 3 horas                |
| - Frequência da lavagem                                | = 1 por semana           |
| - Volume gerado: 10l/min x 3 h x 60 min/h x 52 sem/ano | = 94 m <sup>3</sup> /ano |

## Nas valas do aterro de rejeitos

O rejeito contém relativamente pouca matéria orgânica devido à ação da peneira primária. Conseqüentemente o volume de chorume gerado nas valas do aterro de rejeitos é pequeno, da ordem de 5% do peso dos rejeitos aterrados = 5.229 toneladas/ano.

|   |                           |
|---|---------------------------|
| - Seção transversal das valas.....                | = 21 m <sup>2</sup> .     |
| - Comprimento das valas.....                      | = 20 m                    |
| - Volume das valas.....                           | = 420 m <sup>3</sup>      |
| - Densidade do rejeito compactado.....            | = 0,9 t/m <sup>3</sup>    |
| - Peso do rejeito por valas 420 x 0,9.....        | = 378 t/vala              |
| - Quantidade necessária de valas - 5.229/378..... | = 14 valas/ano            |
| - Chorume gerado: 2,5% x 5.229.....               | = 131 t/ano               |
| - Densidade do chorume.....                       | = 1 t/m <sup>3</sup>      |
| - Volume gerado.....                              | = 131 m <sup>3</sup> /ano |

## Total de efluentes gerados

Será o resultado da soma dos seguintes volumes:

|   |                              |
|---|------------------------------|
| - Lavagem da usina/nas valas do aterro de rejeitos/no pátio de compostagem 94 + 131 + 180 + 6.686 | = 7.096 m <sup>3</sup> /ano  |
| - Evapotranspiração da região (IAC - Adamantina)  | = 1.177 mm/ano               |
| - Evaporação: 1.177 mm/ano x 4,845 m <sup>2</sup>   | = 5.703 m <sup>3</sup> /ano. |
| - Efluentes p/ a lagoa de tratamento: 7.095 - 5.703   | = 1.392 m <sup>3</sup> /ano  |
| - Tempo de residência dos efluentes na lagoa  | = 60 dias                    |
| Volume teórico da lagoa: 1.392 / 365 x 60   | = 230 m <sup>3</sup>         |
| Volume da lagoa com 20% de reserva  | = 280 m <sup>3</sup>         |

Na disposição final, os efluentes seriam retirados da lagoa e transportados por caminhões pipa até a estação de tratamento de esgotos de Adamantina. O volume médio diário a ser retirado seria de: 1.392 / 365 dias/ano = 3,80 m<sup>3</sup>/dia.

## Emissão de odores e a geração de ruídos

A emissão de odores se dá em sua maior parte na lagoa anaeróbia de tratamento de chorume. A fração orgânica do lixo será trabalhada de forma aeróbia, com revolvimentos periódicos (2 vezes por semana no 1º mês e 1 vez por semana no 2º mês). Com isso a geração de odores no pátio de compostagem é minimizada. O nível de ruído gerado pelos equipamentos mecânicos da usina é inferior a 80 dBA. Abaixo, portanto do limite recomendado pela ABNT para áreas de produção (90dBA). Quanto a esse aspecto lembramos que esta concepção de Usina de Lixo não utiliza moinhos trituradores, que seria o equipamento mais ruidoso em uma Usina. O trânsito e a operação de caminhões e pá carregadeiras gera ruídos típicos do trânsito urbano e dentro dos limites estabelecidos.

## Sistema de transporte de resíduos

Todo o lixo coletado é hoje transportado por caminhões compactadores, com capacidade de 10 m<sup>3</sup>. O número de viagens pode ser estimado como segue: 17,50 toneladas por dia / 4,5 ton/viagem = 3 a 4 viagens /dia. Na perspectiva da implantação da coleta seletiva esses dados devem ser revistos. Num primeiro momento implicaria no transporte dos recicláveis para a atual Usina e do lixo úmido para o pátio de compostagem na área anexa ao aterro sanitário.

## Estimativa de mão de obra

Se a operação da Usina fosse terceirizada seria utilizado o seguinte quadro de pessoal:

|   |                    |
|---|--------------------|
| Se a operação da Usina fosse terceirizada seria utilizado o seguinte quadro de pessoal: |                    |
| - Na área da recepção   | = 01               |
| - Na esteira de catação   | = 10               |
| - No peneiramento   | = 01               |
| - No enfardamento   | = 02               |
| - No refeitório   | = 01               |
| - Na pá carregadeira  | = 01               |
| - Na balança  | = 01               |
| - Na administração  | = 01               |
| - Na limpeza geral  | = 01               |
| - Total.....  | = 19 funcionários. |

### Obras de implantação

- Limpeza da área, terraplanagem, compactação do solo, preparação de bases e fundações para receber os equipamentos mecânicos da Usina;
- Montagem mecânica dos equipamentos da Usina;
- Montagem mecânica dos barracões em estrutura metálica na área de recepção do lixo e sobre a esteira de triagem;
- Construção de cerca em tela metálica e plantio de mudas para a cerca viva ao redor da Usina;
- Reflorestamento ciliar do córrego Tocantins;
- Construção do prédio administrativo, refeitório, guarita e balança;
- Sistema de abastecimento de água, energia elétrica e sanitários;
- Instalação do sistema elétrico da Usina;
- Construção do barracão de enfardamento em estrutura metálica;
- Construção de baias de reciclados;
- Construção e preparo dos pátios e sistema de drenagem;
- Terraplanagem, compactação do solo e preparo do sistema de drenagem para aterro de rejeitos;

### Recicláveis

A quantidade média dos recicláveis é a seguinte:

|                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| - Metais ferrosos (19,60 %)   | = 444 kg/dia           |
| - Metais não ferrosos (2,10%) | = 47 kg/dia            |
| - Papéis (43,90%)             | = 994 kg/dia           |
| - Plásticos (16,50%)          | = 373 kg/dia           |
| - Outros (17,90%)             | = 407 kg/dia           |
| TOTAL.....                    | = 2.265 kg/dia (100%). |

O composto orgânico produzido seria vendido aos agricultores da região, principalmente aos pequenos e utilizados em projetos de recuperação de matas ciliares da sub-bacia que recebe o empreendimento e das adjacentes.

**Foto 11:** Os metais e latas prensados em fardos de 0,50 x 0,50 x 0,50 e estocados a céu aberto.



**Foto 12:** Os papéis são prensados e armazenados em barracão coberto.



**Foto 13:** Os vidros são separados e ficam acondicionados em baias à espera de comércio.



**Fotos 14:** Os fardos de PET e baias de vidros quebrados aguardando comercialização.



Fotos 15: Os fardos de vidros quebrados aguardando comercialização.



Foto 16: Os vidros separados por cor e tipo à espera de comercialização.



*Foto 17: Os plásticos separados por cor e tipo em secagem ao sol.*



### **Sistema de proteção ambiental**

Como forma de proteção ambiental todas as águas pluviais não incidentes nas áreas anteriormente descritas, serão retidas em curvas de nível, de forma a não provocar erosões. Os 150 metros próximos à margem do córrego Taipús serão arborizados de acordo com esquema de plantio em quincôncio, conforme as normas e os aspectos técnicos para o reflorestamento de matas ciliares, visando a proteção da água, o controle das erosões e o anteparo de ventos.

Toda água pluvial e de lavagem que incide sobre as áreas consideradas de contaminação serão coletadas através de canaletas e conduzidas para a lagoa de tratamento. O pátio de compostagem seria em concreto armado com espessura de 12 cm, com canaletas coletoras de efluentes em todo o seu contorno.

### **Localização e descrição da área de rejeitos**

A disposição dos rejeitos e refugos seria feita em valas especialmente preparadas com volume aproximadamente de 430 m cada, apioladas e impermeabilizadas com produtos utilizados em pavimentação asfáltica; com caimento do fundo em torno de 2% para facilitar a remoção de líquidos no seu interior. O número de valas necessárias para 10 anos de funcionamento será de:  $14 \times 10 \text{ anos} = 140$  valas.

Após o décimo ano de operação da usina seriam estudadas as condições de compactação e recalques, de forma viabilizar o aterramento de rejeitos em forma de células superficiais sobre as áreas das valas já utilizadas.

### **Diagnóstico ambiental da área de influência**

#### **Delimitação da área de influência**

A área escolhida encontra-se distante de moradias, cujos ocupantes poderiam ser incomodados pela usina, seja pelo aumento de tráfego, pela emanação de odores ou ruídos produzidos por veículos e pela própria operação da usina.

A vizinhança é formada principalmente pela Escola Agrícola de Adamantina, com aulas nos períodos diurno e noturno. Nesta região residem 106 alunos e 03 famílias de funcionários, a escola possui 02 poços para irrigação da horta e consumo da escola; a Prefeitura possui uma área dentro da escola municipal e a utiliza para a produção de mudas, mas a água é captada do córrego. Existem criações de suínos, caprinos, bovinos, coelhos e aves para o consumo da escola, sendo o excedente da produção vendida.



*Foto 18: O aterro sanitário de Adamantina*



*Fotos 19 e 20: A área do aterro escolhida para a transferência da Usina.*

A área situa-se fora do cone de aproximação do aeroporto de Adamantina. A predominância dos ventos é do quadrante Nordeste, o que reduz mas não elimina o risco de incômodos aos alunos da escola vizinha.

### **Compatibilidade com a legislação incidente**

Com base na resolução 4 do CONAMA de 09 de outubro de 1995 e na Lei nº 6.938, artigo 3: “As atividades de natureza perigosa deverão adequar sua operação de modo a minimizar seus efeitos atrativos ou riscos em conformidade com as exigências normativas de segurança e/ou ambientais”.

Em termos médios, entre 30% a 40% do peso do material que entra na Usina, sai na forma de com-



posto orgânico. Cerca de 20% a 30% representa perda de gases e umidade por evaporação e/ou infiltração e cerca de 5 a 10% é comercializado no mercado de recicláveis. A parcela a ser descartada situa-se entre 30 a 35 % do total coletado, cuja disposição é o aterro sanitário em valas, evidenciando substancial redução do espaço físico para disposição, além de corresponder economia de operação do aterro (NARDINI, 1987).

O potencial de contaminação de solos e águas subterrâneas pelos materiais descartados pelas usinas é consideravelmente menor que aqueles dos resíduos brutos, devido ao fato de serem constituídos, principalmente por rejeitos inertes da triagem e rejeitos inertes ou bioestatizados do peneiramento ao final do processo de compostagem (SCHALCH, 2000).

Quanto aos efluentes líquidos produzidos em pátios de compostagem (Foto 22), são encaminhados para a lagoa de tratamento de chorume (foto 20) que capta todo líquido produzido, podendo seu potencial poluidor ser reduzido através de medidas de controle, como por exemplo, a impermeabilização das fundações, a drenagem em superfície e abaixo dela e a coleta e análise periódica de amostras da água do lençol freático para monitoramento.



*Foto 20: A lagoa de tratamento de chorume*

### **Coleta regular**

O serviço de coleta regular é executado pela administração pública municipal, três vezes por semana, durante o período diurno, ou seja, segunda, quarta e sexta feira ou, terça, quinta e sábado.

A população atendida pela coleta regular corresponde a mais de 98% dos habitantes da área urbana da cidade, em função da inexistência de favelas e existência de uma malha viária pavimentada que cobre mais de 95% da cidade.

Os caminhões coletores são do tipo caçamba compactadora, Vegalix, e caminhões basculantes, suficientes para o volume de resíduos produzidos. A frota deve ser mantida limpa e desinfetada, com o pessoal devidamente uniformizado.

Os resíduos dos serviços de saúde são recolhidos separadamente por veículo apropriado (tipo saveiro), forrado com chapa de aço inoxidável. Neste caso os resíduos são encaminhados às valas específicas para a sua disposição e cobertos com camadas de terra e cal.

### **Uso e a ocupação atual do solo**

A área é definida como área de pastagem. Não há qualquer infraestrutura com relação a água para

abastecimento, disposição dos dejetos humanos, energia elétrica, que possa ser alterada pela instalação da Usina. A cobertura vegetal do local é predominantemente constituída por gramíneas rasteiras. Existe alguma vegetação nativa às margens do córrego, vegetação do tipo ciliar bastante degradada, com poucos espécimes na área de preservação permanente. Conforme o Departamento Estadual de Recursos Naturais a área não apresenta a necessidade de supressão de vegetação natural.

### **Informações geológicas e hidrogeológicas**

O mapeamento geológico em escala 1:500.000 executado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, localiza a zona de interflúvio das bacias dos rios do Peixe e Aguapeí em domínios da formação Adamantina do grupo Bauru, cretáceo superior da bacia sedimentar do Paraná. Pela seqüência ainda considerada como a mais aceita, o grupo Bauru é subdividido nas formações, Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília.

A formação Adamantina é caracterizada litologicamente pela ocorrência de bancos de arenito de graduação fina a muito fina de cor rósea a castanha, com espessuras variáveis entre 2 e 20 m, em alternância com lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanha avermelhado a cinza castanho. Quanto à estrutura, as estratificações cruzadas são próprias dos estratos mais areníticos, ao passo que, nos lamíticos subordinados a eles, são mais comuns os bancos maciços ou dispostos em acamamento plano paralelo, com a presença freqüente de mareas de ondas e microestratificação cruzada.

Do ponto de vista hidrogeológico, a formação Adamantina comporta-se como aquífero livre. Como característica geral, a zona freática é encontrada a mais de 12 metros de profundidade nos topos aplainados, entre 08 à 12 metros a meia encosta, tendo na área de sopé e áreas alagadiças profundidades em geral inferiores a 08 metros. Os cursos de água não influem na oscilação do nível freático. As reservas de água subterrânea no oeste do estado de São Paulo são consideradas como importante opção para o abastecimento de água, tanto da população em geral quanto para o suprimento das necessidades de unidades industriais, hospitais, etc.

Com relação ao nível do lençol freático, considera-se que em toda a área analisada, o aquífero livre é encontrado a profundidades superiores a 10 metros em relação à superfície, em qualquer estação do ano hidrológico ( Depto. de Engenharia da Prefeitura Municipal).

### **Caracterização da infra-estrutura básica existente**

O local dispõe apenas de rede de energia elétrica, que passa na divisa do terreno, próximo à estrada vicinal, um pequeno poço caipira para abastecimento de água e a aproximadamente 600 metros se encontram as instalações do Colégio Técnico Agrícola de Adamantina.

### **Condições climáticas**

#### **Ventos:**

Os ventos predominantes são do quadrante Nordeste.

#### **Temperatura**

Média anual = 25,6 °C

Máxima anual = 32,6 °C

Mínima anual = 18,6°C

### Pluviometria: Os dados são originários da CATI de Adamantina, SP

| MÊS          | EVAPORAÇÃO (mm) | PRECIPITAÇÃO (mm) |
|--------------|-----------------|-------------------|
| Janeiro      | 131,7           | 260,0             |
| Fevereiro    | 112,8           | 179,3             |
| Março        | 115,6           | 178,5             |
| Abril        | 88,2            | 76,4              |
| Maio         | 67,3            | 76,7              |
| Junho        | 57,4            | 51,2              |
| Julho        | 59,9            | 19,0              |
| Agosto       | 78,9            | 34,3              |
| Setembro     | 97,8            | 98,2              |
| Outubro      | 113,2           | 99,2              |
| Novembro     | 121,9           | 124,7             |
| Dezembro     | 132,7           | 183,4             |
| <b>TOTAL</b> | <b>1.117,1</b>  | <b>1.380,9</b>    |

### Níveis de ruídos

O maior nível de ruído é aquele provocado pela operação da pá-carregadeira, em torno de 80 dBA.

### Identificação dos impactos ambientais

Os principais impactos ambientais previstos na área do empreendimento são:

- O aterramento diário de rejeitos em valas, sacrificando permanentemente estas áreas (Foto 21);
- A concentração de matéria orgânica no pátio de compostagem (Foto 22);
- A geração de líquidos percolados nas leiras de compostagem (Foto 23);
- A existência de lagoa para o tratamento de líquidos percolados (Foto 24);
- O trânsito contínuo de veículos e de pessoal no local;
- A contaminação de águas pluviais pelo contato destas com o lixo in natura, determinando o acréscimo do volume de efluentes a ser tratado.



Foto 21: O aterramento de rejeitos em valas.



*Foto 22: O pátio de compostagem.*



*Foto 23: Os líquidos são escoados pela canaleta.*



*Foto 24: A lagoa de chorume*

## Medidas mitigadoras

O potencial de contaminação de solos e águas subterrâneas pelos materiais descartados pela usina é menor que aquele dos resíduos brutos, devido ao fato de serem constituídos principalmente por rejeitos inertes da triagem e rejeitos inertes ou bioestabilizados do peneiramento no final do processo de compostagem. Desta forma, aterros desses materiais não requerem os mesmos rigores de projetos receptores de resíduos brutos, pois fica bastante reduzida a produção de chorume. Isso é assegurado através de um perfeito monitoramento das leiras e triagem dos materiais não biodegradáveis.

Os efluentes líquidos produzidos por águas pluviais que incidem sobre o lixo *in natura* nas áreas citadas anteriormente, assim como aqueles efluentes gerados no processo de compostagem aeróbia e nas valas do aterro de rejeitos, serão encaminhados à lagoa anaeróbia de tratamento. Os rejeitos aterrados nas valas devem receber a cobertura com solo diariamente, evitando-se assim exposição prolongada de resíduos a céu aberto.

Como medida preventiva e compensatória a Prefeitura Municipal deve instalar na escola técnica um laboratório com todos os equipamentos necessários para o controle da qualidade da água para consumo e irrigação, bem como implantar no local um viveiro de mudas de nativas para permitir a ação de recomposição permanente da mata ciliar do córrego Taipús, o que se deve fazer na faixa de 30 metros a partir de suas margens.

Outras medidas compensatórias seriam as aquisições de livros técnicos sobre meio ambiente, recomposição de matas ciliares, análise e qualidade de águas, etc. e a implantação de um laboratório de computação para uso dos alunos em pesquisas escolares.

## Monitoramento e controle

O sistema de monitoramento compreenderia tarefas diárias de controle sobre:

- O número de caminhões recebidos e seus respectivos pesos;
- A quantidade de fardos de recicláveis produzidos por dia e seus respectivos pesos;
- As quantidades vendidas de materiais recicláveis e de composto orgânico;
- A umidade das leiras no pátio de compostagem;
- A quantidade de chorume produzido no pátio de compostagem;
- A quantidade de chorume recirculada entre as leiras no pátio de compostagem;
- A compactação do rejeito nas valas, e sua cobertura.

Devem ser perfurados 04 poços para coleta das amostras de água visando avaliar a possível infiltração de poluentes, a montante e a jusante das valas do aterro de rejeitos. Deve ser mantido no Colégio Técnico Agrícola um laboratório para análises continuadas da potabilidade da água, avaliando-se os principais parâmetros físico-químicos, inclusive da água das nascentes e dos poços, rotina esta que pode e deve ser utilizada para a capacitação dos alunos do Colégio Técnico. Os materiais para as análises devem ser fornecidos pela Prefeitura Municipal, mediante a aprovação de lei municipal específica.

## Conclusão

A partir dos levantamentos deste trabalho podemos concluir que a implantação e transferência da Usina de Triagem e Compostagem de Lixo Domiciliar Urbano de Adamantina, SP, com o aproveitamento dos equipamentos existentes, para a área anexa ao aterro sanitário, ao pátio de compostagem e

lagoa de tratamento de chorume, todos devidamente licenciados pela CETESB e em operação, é viável do ponto de vista ambiental e contribuiria sobremaneira para a solução de um problema antigo, uma vez que a atual Usina de Triagem encontra-se precariamente em operação, situada próxima ao córrego Tocantins e colocando-o em constantes riscos de contaminação, bem como acha-se distante do pátio de compostagem e do aterro sanitário, aumentando os custos e prejudicando a eficiência do tratamento e destinação dos resíduos.

A transferência da Usina deve ser priorizada pois constata-se “*in loco*” na atual Usina que:

- O acúmulo de rejeitos inorgânicos, na saída da peneira de lixo cru, indica claramente que a operação de remoção desta massa de rejeitos não está sendo executada a contento;
- O acúmulo de matéria orgânica nova nas dependências da usina indica que o transporte da mesma para o pátio de compostagem também não esta sendo executado com eficiência.

A transferência da Usina é iniciativa de extrema necessidade, pois o desmembramento “provisório” das atividades afins está se estendendo por um tempo demasiadamente longo, causando impactos ambientais e prejuízos econômicos, elevando custos com transporte, e deixando-se de produzir e comercializar o composto orgânico, uma das maiores receitas numa usina como esta, sem falar na ocupação acelerada das valas do aterro de rejeitos, e conseqüente redução de sua vida útil.

A fim de se garantir à população o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida recomendam-se ainda a prioridade máxima para a implantação da coleta seletiva no município, o que otimizará ainda mais o funcionamento do sistema proposto. Neste processo deve-se garantir o envolvimento de toda a comunidade e dos setores privados, com ênfase a realização de atividades de educação ambiental no ensino formal, prioritariamente para crianças e adolescentes. A coleta seletiva, mesmo antes de efetivada a transferência da Usina, contribuiria para a melhora qualitativa da atual operação do sistema de destinação dos resíduos sólidos domiciliares.

## Referências

- BRAGA, Benedito et al. **Introdução à Engenharia Ambiental** – São Paulo- SP, Prentice Hall, 2002.
- ABNT – **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, NBR 10004 – Resíduos Sólidos; São Paulo- S.P., 1987.
- BRASIL, CONAMA. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução 001/20 – Brasília 1986.
- SMA - SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 12/29/42 – 1994.
- RAP – Tupi Paulista. **Consórcio Intermunicipal para Gestão de Resíduos Sólido Integração** – 2001.
- ALCEU DE CASTRO GALVÃO JUNIOR. Dissertação de Mestrado USP - São Carlos; “**Aspectos Operacionais Relacionados com Usinas de Reciclagem e Compostagem de Resíduos Sólidos Domiciliares no Brasil**” -abril de 1994.
- NARDINI M. et al. “**Usina de Reciclagem de Lixo: Aspectos Sociais e Viabilidade Econômica**”; 1987.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares** – Relatório de 2003. SP.
- PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE ADAMANTINA. Secretaria de Planejamento, Departamento de engenharia.  
Dados da quantidade e qualidade dos resíduos/ dados populacionais.
- SCHALCH, V; A LEITE, W.C; FERNANDES JR, CASTRO, M.C. A A- **Gerenciamento de Resíduos Sólidos** – EESC-USP ; 2000.

# Detecção de metais pesados em amostras de água utilizando “língua eletrônica”

## *Detection of heavy metals in water samples using “electronic tongue”*

**Patrícia A. Antunes**

Doutora em Química Analítica pela USP - São Carlos e docente na FAI

**Álvaro A. Pereira,**

Discentes de Iniciação Científica - Unesp Presidente Prudente

**Carlos J.L. Constantino e Antônio Riul Jr.**

Doutores em Física Aplicada e Docentes da Unesp Presidente Prudente

### Resumo

A “língua eletrônica” é um dispositivo que combina filmes de espessura nanométrica de diferentes materiais depositados sobre eletrodos interdigitados (sensores), medidas elétricas e análise estatística. Tal dispositivo tem sido bastante utilizado no controle de qualidade de bebidas, produtos farmacêuticos, distinção de sabores e, mais recentemente, em controle ambiental, monitorando os níveis de contaminação por pesticidas, herbicidas e outras substâncias prejudiciais ao meio ambiente. Neste artigo, a língua eletrônica é utilizada no controle ambiental, mais especificamente na detecção de íons de metais pesados em água. A fim de aumentar a sensibilidade da detecção, os eletrodos interdigitados foram recobertos com filmes ultrafinos chamados Langmuir-Blodgett (LB) de três tipos de materiais orgânicos: corante (bis (butilimido perileno)), polímero condutor (polipirrol) e lignina (produto natural extraído de bagaço de cana de açúcar). Combinando estes eletrodos com métodos estatísticos de análise de dados foi possível a detecção dos íons metálicos ( $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  e  $Cu^{2+}$ ) em concentrações da ordem de ppb (mg/L).

### Palavras-chave

Detecção de metais pesados na água, língua eletrônica, avaliação ambiental.

### Abstract

The “electronic tongue”, a device which combines sensor of nanometers thickness with statistical programs of computer, has been used in quality control of beverages, pharmaceutical products, distinction of savour and recently in the environmental field, controlling pesticides, herbicides and other kinds of substances. In this paper, the electronic tongue is employ in the environmental field, detecting heavy metal as copper, cadmium and lead in water. To increase the sensibility of detection, the interdigitated gold electrodes are modified with a deposition of films of Langmuir-Blodgett (LB). In this way, it was

deposited LB films of a dye (bis-buthylimido perylene), a conductor polymer (polypyrrol) and lignins (natural product from sugar cane). Combining these electrodes with statistical methods are possible the detection of heavy metal ( $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  e  $\text{Cu}^{2+}$ ) in water in concentrations around of ppb (mg/L).

## Key words

Detection of metals in water samples, electronic tongue, environmental evaluation.

## Introdução

### Língua eletrônica

A utilização da língua eletrônica iniciou-se pela busca de dispositivos capazes de monitorar continuamente produtos sem a necessidade de exposição de seres humanos a substâncias tóxicas ou de paladar desagradável. O paladar é um dos sentidos mais complexos, pois as células receptoras respondem de maneira seletiva ou mais ampla a um determinado gosto, uma vez que, vários mecanismos de percepção estão envolvidos neste processo de reconhecimento.

Desta forma, as línguas eletrônicas deveriam imitar o reconhecimento do paladar e não simplesmente a distinção das substâncias e ainda serem capazes de detectar concentrações muito abaixo das concentrações reconhecidas pelo paladar humano (RIUL, 2003).

Hoje as línguas eletrônicas são utilizadas nos mais variados campos alimentícios, tais como análises de bebidas, água, café, leite, sucos. A área ambiental também é beneficiada pelo desenvolvimento das línguas eletrônicas, uma vez que são possíveis a detecção e monitoramento dos níveis de contaminação por metais pesados, ácidos húmicos, herbicidas e pesticidas em rios e mananciais, e no saneamento básico, controlando a qualidade da água nas estações de tratamento (CONSTANTINO, 2004). Na indústria farmacêutica, a língua eletrônica pode ser usada para testar medicamentos e melhorar o sabor dos remédios amargos.

O princípio de medida utilizada pela língua eletrônica está baseado em espectroscopia de impedância (IP, do inglês "*impedance spectroscopy*") (MACDONALD, 1987). As medidas de IP são uma ferramenta poderosa para investigar interações entre analitos e os materiais que constituem as unidades sensoriais, pois diferentes materiais apresentam propriedades elétricas distintas que são afetadas diretamente de acordo com o meio líquido que se encontram (LEGIN *et al.*, 2000).

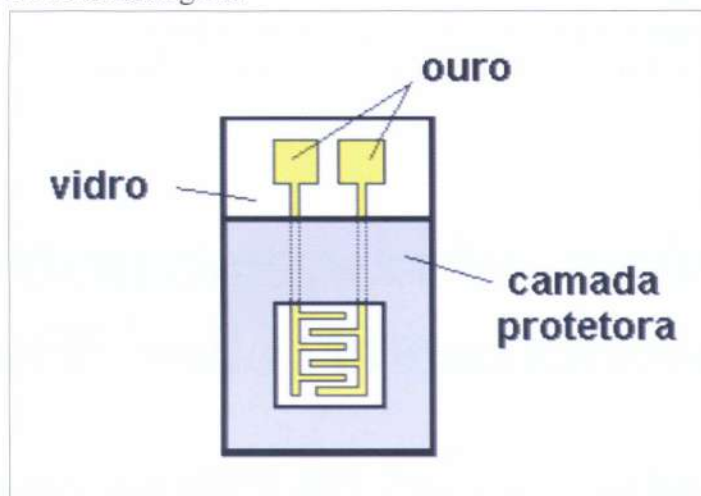
A técnica de espectroscopia de impedância consiste basicamente em se fazer medidas utilizando-se uma tensão alternada *ac* na entrada do circuito em estudo (unidades sensoras no nosso caso) para se obter valores de capacitância e condutância como resposta (MACDONALD, 1987). A varredura de impedância ocorre para uma faixa de frequência relativamente ampla (geralmente entre 1 Hz e 1 MHz), em que a condutância pode ser facilmente convertida em perda dielétrica (G/w), permitindo a detecção de dispersões características dos materiais que recobrem os eletrodos interdigitados (filmes LB no nosso caso), consequência de variações provocadas pelas substâncias adsorvidas nestes materiais (RIUL *et al.*, 2003).

## Dispositivo

O sensor é formado pela deposição de filmes finos nanoestruturados sobre eletrodos interdigitados de ouro, conforme mostrado na Figura 1. Os filmes podem ser depositados sobre os eletrodos através



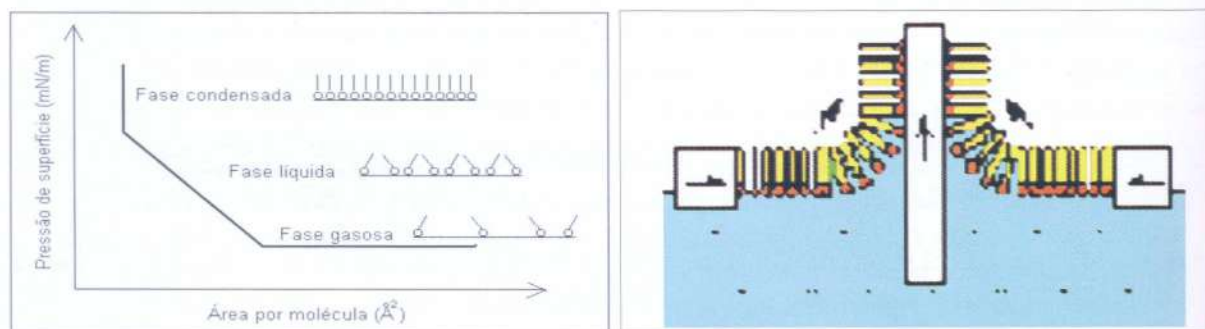
das técnicas de LB ou automontagem.



**Figura 1:** Representação esquemática do eletrodo interdigitado utilizado na detecção dos metais pesados.

A técnica LB aplicada à nanotecnologia faz-se pela fabricação de filmes com espessura controlada, da ordem de angstroms e pela manipulação da arquitetura molecular. A isoterma de pressão de superfície-área molecular média ( $p-A$ ) é o primeiro passo requerido para se obter sucesso na fabricação dos filmes LB, o qual ocorre pela transferência da monocamada da água para um substrato sólido.

A Figura 2a mostra de uma maneira esquemática a formação do filme de Langmuir. A Figura 2b apresenta a deposição do filme LB.



**Figura 2:** a) Isoterma  $p-A$  característica de filmes de Langmuir de moléculas anfífilas simples e as respectivas fases do filme durante a compressão b) Representação esquemática da deposição de filmes LB sobre eletrodos interdigitados.

A fabricação de filmes auto-montados não requer o aparato tecnológico envolvido na fabricação dos filmes LB. Consiste na imersão de um substrato, geralmente carregado por tratamento químico, em soluções de poliânions e policátions, cujas moléculas adsorvem espontaneamente no eletrodo por interação eletrostática (Decher *et al.*, 1992). O sistema substrato/camada é lavado em água com o mesmo pH das soluções iônicas, e imergido novamente na solução de carga contrária à da primeira imersão.

Neste trabalho foram empregados eletrodos interdigitados cobertos com 5 camadas de filmes LB de bis (butilimido) perileno, polipirrol, e ligninas obtidas do bagaço de cana-de-açúcar.

### Tratamento estatístico / PCA

A Análise de Componentes Principais (PCA, do inglês “*Principal Component Analysis*”), ou transformação de Karhunen-Loeve, é um método estatístico multivariado que cria um novo sistema de

eixos através de combinações lineares dos dados originais, chamadas de Componentes Principais (PC, do inglês “*Principal Component*”), buscando sempre a máxima variabilidade dos resultados e mínima perda de informações. As combinações lineares são efetuadas de modo que os dados possam ser representados por um número menor de fatores descritivos, reduzindo a dimensão do conjunto analisado. Por esse motivo o PCA é amplamente usado para facilitar a interpretação, projeção, descrição e extração de características de conjuntos multivariados e no pré-tratamento de dados para Redes Neurais Artificiais para o reconhecimento de padrões, mineração de dados e escolha de variáveis em métodos estatísticos.

Os dados para PCA são apresentados na forma de matriz, na qual as linhas representam as observações (amostras analisadas) e as colunas as variáveis (no nosso caso as unidades sensoriais compondo a língua eletrônica), e o número de cada Componente Principal é igual ao número de variáveis utilizadas.

Geralmente a Primeira Componente Principal (PC1) contém a maior porcentagem de explicação dos dados, a Segunda Componente Principal (PC2) explica a segunda maior parcela da variabilidade, e assim sucessivamente (Barroso, 2003). Portanto, nem todos os Componentes Principais terão significância, e geralmente 70% da variância total dos dados está contida na soma das duas primeiras PCs.

O PCA tem sido amplamente utilizado na análise sensorial de “*línguas eletrônicas*”, como por exemplo, na distinção dos padrões de paladar (doce, salgado, azedo e amargo), na análise de bebidas comerciais como café, água mineral, cerveja, vinho, chá e efeitos de supressão (Toko *et al.*, 1996, Legin *et al.* 1997, Di Natalie *et al.*, 1997, Winqvist *et al.*, 1997, Winqvist, 2000, Holmin *et al.* 2001, Lvova *et al.*, 2002, Legin *et al.*, 2003, Riul, 2003, Riul *et al.*, 2004, Constantino *et al.*, 2004). Alguns trabalhos trazem boa descrição do método para analisar poluentes em água (Di Natale *et al.*, 1997), e verificar o envelhecimento e qualidade de leites e sucos (Winqvist *et al.*, 1997, Legin *et al.*, 1997).

Em trabalhos mais recentes verificou-se que o PCA está sendo utilizado na análise qualitativa de águas minerais e suco de maçãs, analisando-se a capacidade do dispositivo na discriminação dessas substâncias ao reduzir o número de sensores (Riul *et al.*, 2003).

A **Figura 3**: representa de maneira esquemática como é realizada a medida utilizando a “língua eletrônica”: o eletrodo puro, a deposição do filme LB, a formação do sensor, a medida elétrica e o processamento de dados.

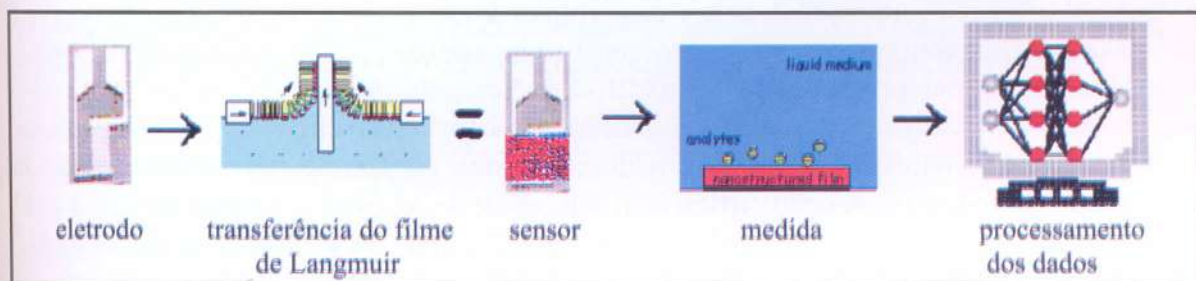


Figura 3: Representação esquemática da medida elétrica utilizando a “língua eletrônica”.

### Metais pesados

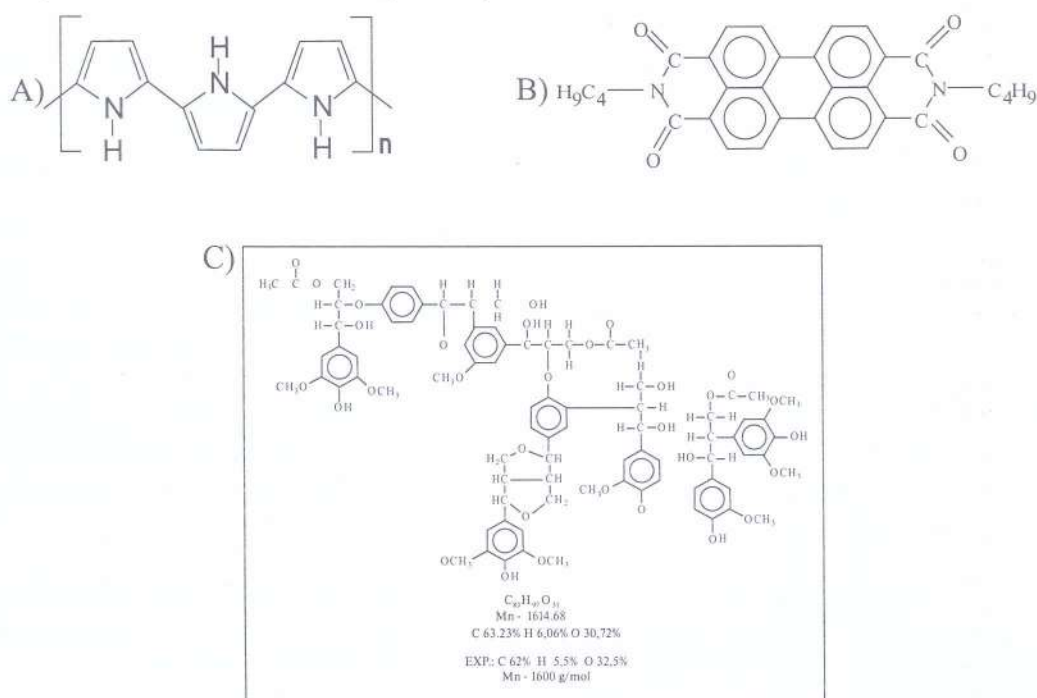
Os metais pesados são muito usados na indústria e estão em vários produtos presentes no dia a dia das pessoas. O perigo destes elementos está no ar, no solo e na água. Quando absorvidos pelo ser humano, os metais pesados (elementos de elevada massa molecular) se depositam no tecido ósseo e gorduroso e deslocam minerais nobres dos ossos e músculos para a circulação. Esse processo na maioria das vezes acarreta o desenvolvimento de doenças.

A maioria dos organismos vivos só precisa de alguns poucos metais pesados e em doses muito pequenas, os chamados micronutrientes. Estes metais tornam-se tóxicos e perigosos para a saúde humana

quando ultrapassam determinadas concentrações-limite. Para os metais aqui estudados, chumbo e cobre, as concentrações máximas permitidas em meio aquoso são 0,01 e 2,00 mg/L. (ppm), respectivamente (SABESP, 2005).

## Parte experimental

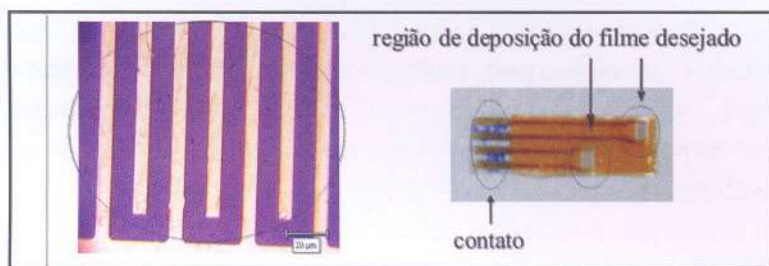
A síntese de polipirrol foi realizada de acordo com o proposto na literatura (MELLO *et al.*, 1999). O butilimido perileno foi obtido do Centro de Pesquisa da Xerox do Canadá e as soluções foram preparadas em 10% THA/CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, a fim de garantir total dissolução (ANTUNES *et al.*, 2001). A lignina foi extraída de cana-de-açúcar, através de extração com fluido super crítico (PASQUINI, 2003). A Figura 4 apresenta a estrutura dos compostos que constituem as 3 unidades sensoras.



**Figura 4:** Estrutura das moléculas utilizadas como unidades sensoras: a) polipirrol, b) butilimido perileno e c) fragmento de lignina, proposta por W. Glasser em Fengel, *et al.*, 1984.

As isotermas pressão de superfície-área molecular (filmes de Langmuir) foram obtidas em uma cuba KSV 2000 equipada com um sensor Wilhelmy, com barreiras de compressão paralelas com velocidade de 10 mm/min<sup>-1</sup> e temperatura de subfase de 21°C. As 5 camadas de filmes LB foram transferidas para um eletrodo interdigitado a uma pressão constante de 27 mN/m<sup>-1</sup> para o bis butilimido perileno, 30 mN/m<sup>-1</sup> para o polipirrol e 20 mN/m<sup>-1</sup> para os filmes de lignina, que correspondem a fase condensada dos filmes. O método de deposição vertical com velocidade de deposição variando de 1 até 4 mm/min<sup>-1</sup> foi utilizado para resultar em uma deposição do tipo Y (implica na deposição de uma camada a cada imersão e retirada do substrato) com uma relação de transferência próxima de 1.

Os eletrodos interdigitados utilizados possuem 50 dígitos, sendo cada um com 10 mm de largura e 0,1 mm de altura, estando 10 mm separados de cada um. A Figura 5 mostra um eletrodo interdigitado contendo 50 pares de trilhas de Au, com cerca de 7 mm de largura cada. As medidas de impedância foram realizadas utilizando um analisador de impedância Solartron 1260A. Cada medida foi "varrida" 5 vezes e com a tensão alternada variando em uma faixa de frequência entre 1 Hz e 1 MHz para todos os eletrodos sensoriais. As medidas foram realizadas com íons metálicos de Cu<sup>+2</sup> em concentrações variando de 0,2 a 20 mg/L e Pb<sup>+2</sup> em concentrações variando de 0,001 a 0,1 mg/L. Os eletrodos foram cuidadosamente lavados com água ultrapura (18,2 MWcm) depois de cada medida e os experimentos repetidos a fim de se obter reprodutibilidade.



**Figura 5:** Eletrodos interdigitados: a) detalhes das trilhas condutoras de Au onde são depositados os filmes LB; b) sensor com a indicação de onde é realizado o contato e de onde é depositado o filme.

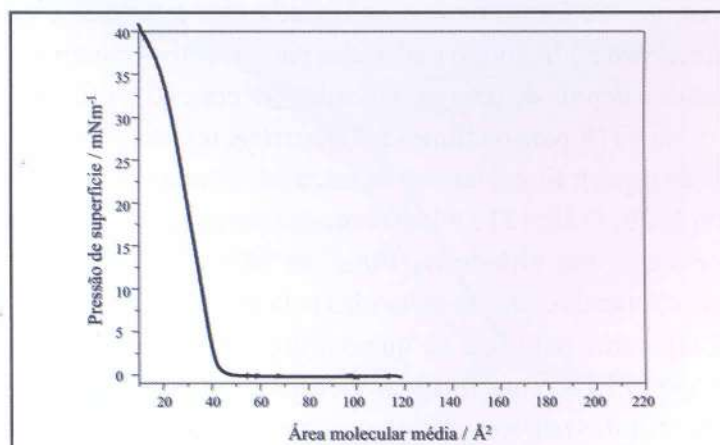
Medidas de espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) foram realizadas a fim de verificar a possível interação entre o metal analisado e a unidade sensora. Assim sendo, as medidas de FTIR foram realizadas no espectrógrafo Bruker modelo Vector 22, com resolução espectral de  $4 \text{ cm}^{-1}$  e 64 *scans* tanto para filmes LB como *casting*. No caso dos filmes LB foi purgado  $\text{N}_2$  no compartimento onde a amostra é colocada. Enquanto o  $\text{N}_2$  era purgado no compartimento, iam-se tirando espectros em seqüência para acompanhar a queda dos ruídos provenientes de  $\text{CO}_2$  e água e determinar então o tempo mais adequado para se obter um espectro com uma relação sinal/ruído aceitável. Este tempo foi de cerca de 15 minutos, sendo este procedimento adotado para a tomada do sinal de *background* do filme.

## Resultados e discussão

### Sensor de lignina

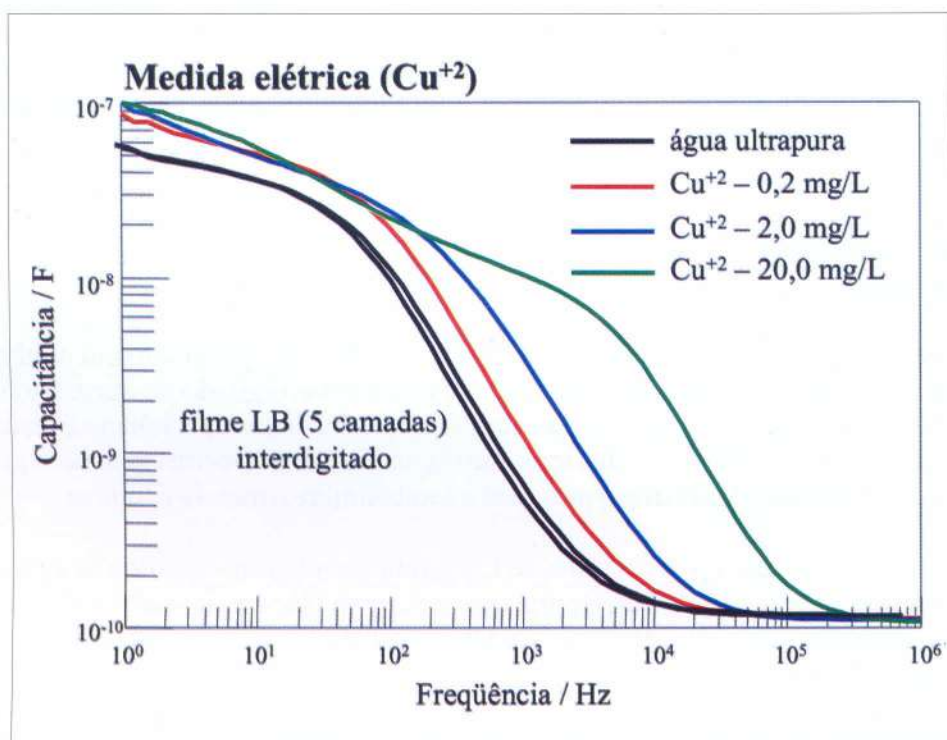
Para o sensor de lignina são apresentados os resultados básicos que envolvem a fabricação do sensor: filme de Langmuir e transferência para o eletrodo interdigitado de ouro. São mostrados também os resultados das medidas elétricas através dos valores de capacitância e resistência em função das diferentes concentrações dos íons metálicos. Em uma terceira etapa são apresentados os espectros de FTIR a fim de mostrar a provável interação entre o metal e a lignina.

A Figura 6 mostra a isoterma p-A do filme de Langmuir para lignina extraída de cana de açúcar utilizando butanol como solvente. A isoterma apresenta uma fase condensada bastante definida e uma fase líquida pouco proeminente. Esta característica permite a formação do filme LB, uma vez que a transferência do filme da subfase aquosa para o substrato sólido ocorre em valores de pressão correspondente a fase condensada do filme de Langmuir. Utilizando um sensor interdigitado com filme de lignina butanol contendo 5 camadas de filme LB foram realizadas medidas elétricas em soluções aquosas contendo  $\text{Cu}^{2+}$  e  $\text{Pb}^{2+}$  para 3 concentrações diferentes.



**Figura 6:** Isotermas p-A da amostra de lignina obtida espalhando-se um volume de 200mL (0,8 mg/ml) sobre subfase de água ultrapura mantida à  $\sim 20^\circ\text{C}$ , velocidade das barreiras igual a 10 mm/min.

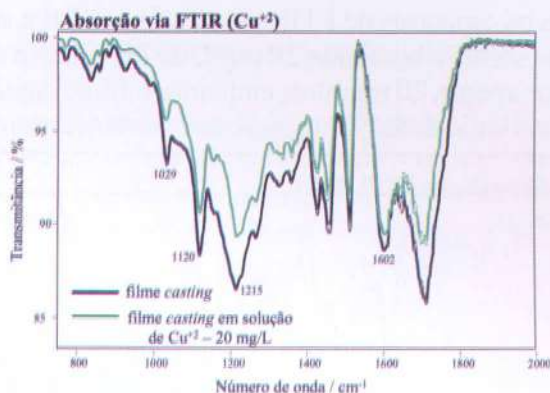
A Figura 7 mostra o gráfico da capacitância medida *versus* a frequência da tensão alternada a que o eletrodo interdigitado é submetido para a solução aquosa de  $\text{Cu}^{2+}$  nas concentrações de 0,2 mg/l; 2,0 mg/L. e 20,0 mg/L., além da água ultrapura utilizada como referência (neste caso da Figura 7 são mostradas as curvas para a água ultrapura antes e depois da medida para a solução de  $\text{Cu}^{2+}$  mais concentrada). Os valores de concentração utilizados correspondem a uma ordem de grandeza acima e abaixo do limite máximo permitido pela SABESP para água ser considerada potável (Sabesp, 2005). Vale destacar que cada curva apresentada na Figura 7 contém na realidade 15 varreduras que ficaram superpostas. Considerando a alta sensibilidade deste tipo de sensor, determinada em parte por sua geometria, os resultados obtidos asseguram uma ótima reprodutibilidade. Além disso, a mudança na capacitância do filme LB com a concentração de  $\text{Cu}^{2+}$  sugere uma interação entre o íon e a lignina. Os valores muito próximos de capacitância encontrados para a água ultrapura antes e depois da imersão na solução com o íon seguida da lavagem (curvas em preto na Figura 7) mostram que a interação íon/lignina deve ser de natureza física (interação dipolar).



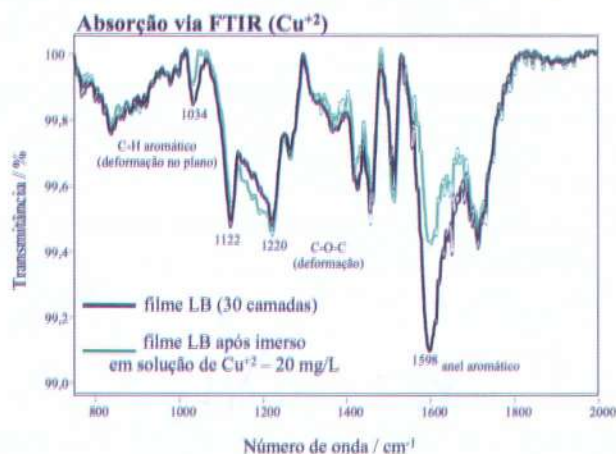
**Figura 7:** Capacitância versus frequência da tensão alternada para solução aquosa de  $\text{Cu}^{2+}$  nas concentrações de 0,2 mg/L.; 2,0mg/L. e 20,0 mg/L.

Na tentativa de investigar de forma mais aprofundada esta interação íon/lignina, medidas de espectroscopia via absorção FTIR foram realizadas para os filmes *casting* e LB com 30 camadas de lignina butanol antes e depois de imersos em soluções com 20 mg/L. de  $\text{Cu}^{2+}$ . As Figuras 8 e 9 mostram os espectros de FTIR para os filmes LB e *casting*, respectivamente. Podem-se observar pequenas modificações espectrais em termos de intensidade relativa para o filme *casting*, como é o caso das bandas em 1029, 1120, 1215 e 1602  $\text{cm}^{-1}$ . Já para os filmes LB, tais mudanças são mais acentuadas, provavelmente em virtude do filme ser nanoestruturado, o que o tornaria mais sensível a mudanças estruturais como as induzidas pela presença do íon metálico. Esta diferença torna-se ainda mais relevante pelo fato de que os filmes LB foram imersos na solução por 20 minutos (mesmo tempo utilizado nas medidas elétricas) enquanto que os filmes *casting* foram imersos por 1 hora (20 minutos não foi suficiente para apresentarem mudanças espectrais).

As bandas mencionadas acima se referem aos modos de vibração do anel aromático e do grupo éter (C-O-C), conforme indicado na Figura 8.

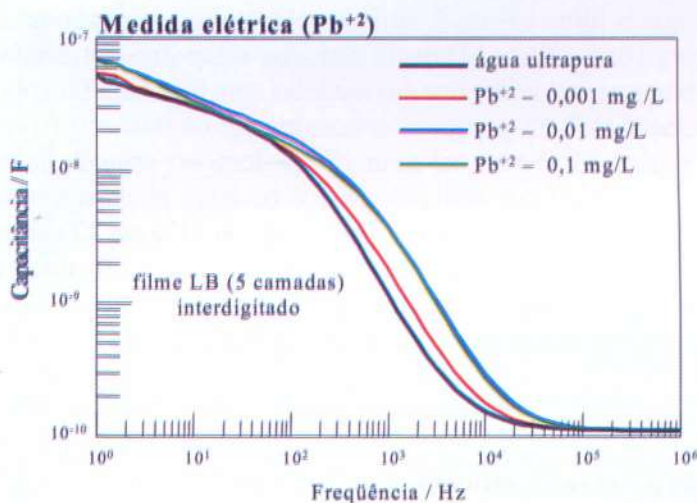


**Figura 8:** Espectros de absorção FTIR do filme LB contendo 30 camadas de lignina butanol depositado em ZnSe, antes e depois de ser imerso por 20 minutos em solução aquosa de  $\text{Cu}^{2+}$  a uma concentração de 20 mg/L.



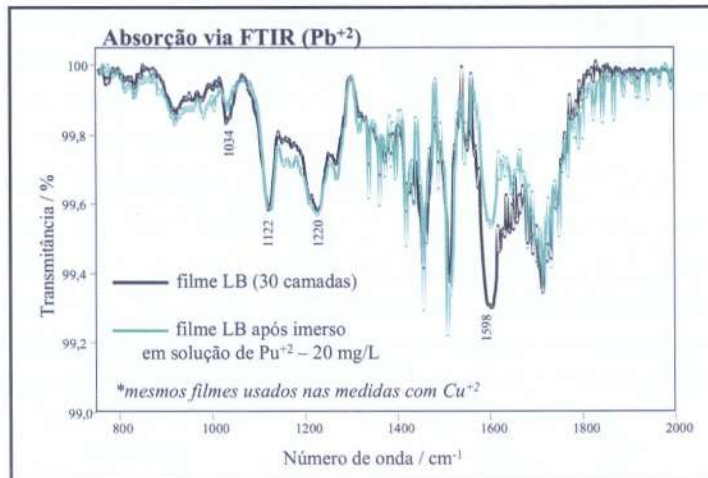
**Figura 9:** Espectros de absorção FTIR do filme casting de lignina butanol depositado em ZnSe, antes e depois de ser imerso por 1 h em solução aquosa de  $\text{Cu}^{2+}$  a uma concentração de 20 mg/L.

As medidas elétricas e de FTIR realizadas para as soluções de  $\text{Cu}^{2+}$  foram realizadas também para soluções contendo  $\text{Pb}^{2+}$ . A Figura 10 apresenta os resultados de capacitância *versus* frequência da tensão alternada para a solução aquosa de  $\text{Pb}^{2+}$  para as concentrações de 0,001 mg/L, 0,01 mg/L, e 0,1 mg/L, também uma ordem de grandeza acima e abaixo do limite máximo permitido (SABESP, 2005) para considerar a água potável.

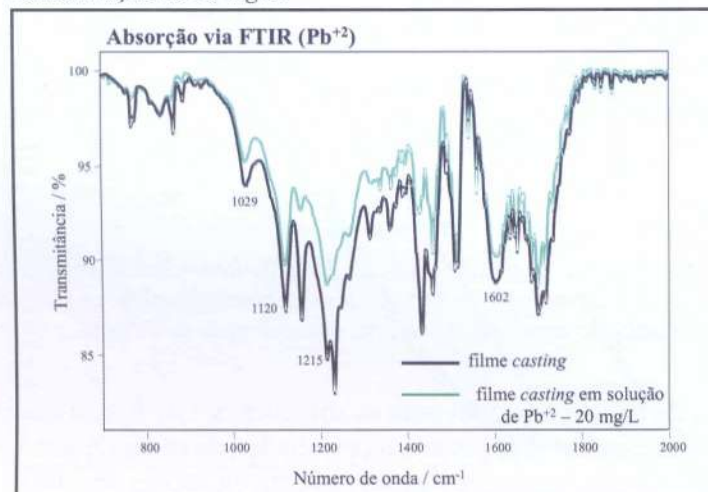


**Figura 10:** Capacitância medida *versus* a frequência da tensão alternada para solução aquosa de  $\text{Pb}^{2+}$  nas concentrações de 0,001 mg/L; 0,01 mg/L e 0,10 mg/L.

As Figuras 11 e 12 mostram os espectros de FTIR para os filmes LB e *casting*, respectivamente, antes e depois de imersos na solução contendo 20 mg/L de  $Pb^{2+}$ . Assim como para o  $Cu^{2+}$ , o filme LB foi imerso na solução por apenas 20 minutos, enquanto o filme *casting* ficou por 1 hora, pois 20 minutos também não foram suficientes para apresentar mudanças espectrais significativas.



**Figura 11:** Espectros de absorção FTIR do filme LB contendo 30 camadas de lignina butanol depositado em ZnSe, antes e depois de ser imerso por 20 minutos em solução aquosa de  $Pb^{2+}$  a uma concentração de 20 mg/L.



**Figura 12:** Espectros de absorção FTIR do filme *casting* antes e depois de ser imerso por 20 minutos em solução aquosa de  $Pb^{2+}$  a uma concentração de 20 mg/L.

É importante destacar que o filme LB de 5 camadas sobre o interdigitado de Au utilizado para as medidas elétricas (Figura 10) e o filme LB de 30 camadas sobre ZnSe utilizado para as medidas de FTIR (Figura 11) são os mesmos já utilizados nas medidas com  $Cu^{2+}$ . Este fato pode ser o responsável, por exemplo, pela saturação do sensor para as concentrações de 0,01 e 0,1 mg/L de  $Pb^{2+}$  conforme mostra as medidas da Figura 10. Porém, tal saturação poderia ser oriunda da própria concentração excessiva de  $Pb^{2+}$  na solução. Esta possibilidade parece bastante plausível, pois como mostram os espectros de FTIR, seja para filmes LB (Figura 11) ou *casting* (Figura 12), as mudanças espectrais proporcionadas pela presença do  $Pb^{2+}$  em solução são ainda mais significativas que as apresentadas pelo  $Cu^{2+}$ . Uma conclusão final requererá a repetição destas medidas com  $Pb^{2+}$  utilizando um novo sensor e concentrações intermediárias entre 0,01 e 0,1 mg/L e um novo filme LB para as medidas de FTIR.

### Sensores de butilimido perileno e polipirrol

Para os sensores de bis (butilimido) perileno e polipirrol são apresentados os resultados envolvendo medidas elétricas e o tratamento estatístico para a detecção de cobre. Resultados envolvendo chumbo

também foram realizados, mas não são apresentados neste trabalho.

Da mesma maneira que a isoterma da lignina, as isotermas do bis (butilimido) perileno e do polipirrol (figuras não mostradas) apresentam uma fase condensada bem definida. Os filmes LB de 5 camadas foram depositados em eletrodo interdigitado de ouro e mergulhados em soluções aquosas com diferentes concentrações de cobre e chumbo. A Figura 13 mostra os valores de a) resistência (R) e b) capacitância (C) na frequência de 1 kHz para o cobre. A frequência de 1 kHz é a mais indicada pois é a região de frequência mais sensível para as propriedades dos filmes nanoestruturados.

Os valores de capacitância para ambos os filmes mostram similaridades com um valor máximo em  $0,2 \text{ mg/L}^{-1}$  na série de concentração estudada. Por outro lado, nos valores de resistência há uma inversão de valores abaixo ou acima de  $0,2 \text{ mg/L}^{-1}$ . Estes resultados mostram que tanto o bis butilimido perileno, como o polipirrol são sensíveis na detecção de  $\text{Cu}^{2+}$  em baixas concentrações (ANTUNES, 2005). Além disso, suas diferenças podem ser utilizadas como complemento de sensibilidade na construção de uma unidade única de língua eletrônica.

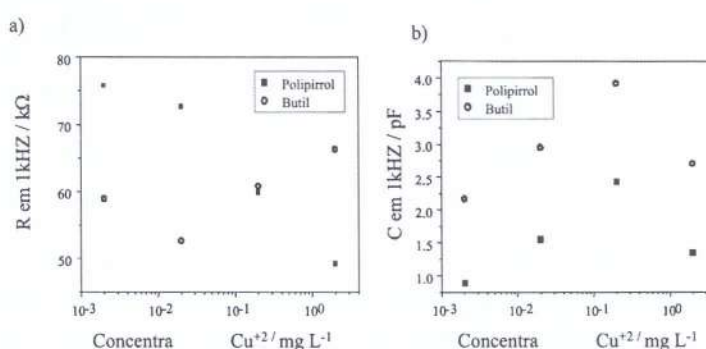


Figura 13: a) Resistência e b) capacitância em 1 kHz versus solução de  $\text{Cu}^{2+}$  em diferentes concentrações para filmes LB de 5 camadas de bis (butilimido) perileno e polipirrol depositados em eletrodos interdigitados de ouro.

A Figura 14 apresenta PCA produzido com os dados apresentados na Figura 13. Este PCA mostra a capacidade de distinção entre a água ultrapura e soluções de diferentes concentrações de  $\text{Cu}^{2+}$  para os dois materiais utilizados como sensor.

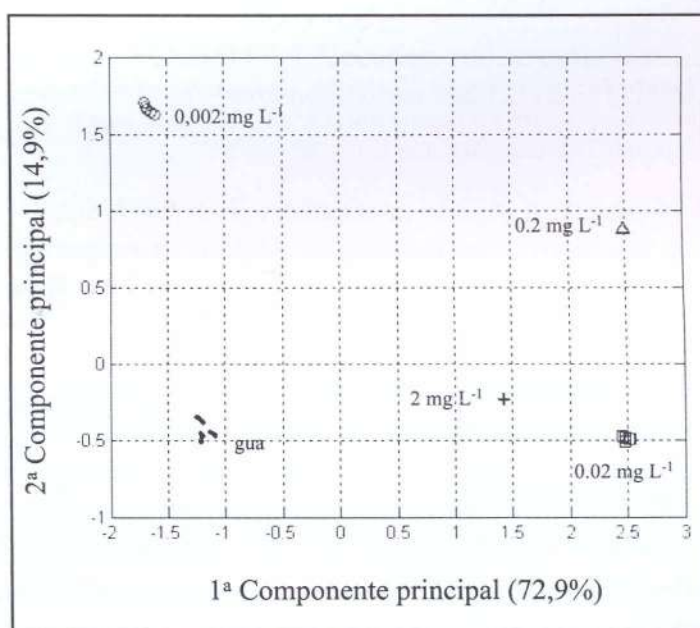


Figura 14: Gráfico de PCA obtido com os dados da Figura 13 para o bis (butilimido) perileno e polipirrol mergulhados em água ultrapura ( $18,2 \text{ MWcm}$ ) e soluções aquosas com diferentes concentrações de  $\text{Cu}^{2+}$ .



É possível observar a reprodutibilidade dos resultados, uma vez que há uma pequena variação entre as representações da água e soluções. As medidas com a água ultrapura foram realizadas antes e após as medidas das soluções do  $\text{Cu}^{+2}$ , mostrando que não há alteração na estrutura do filme ou perda ao longo das medidas. Desta forma, as medidas com água ultrapura totalizaram 4 experimentos (1 antes, 1 depois e 2 medidas entre as soluções com diferentes concentrações), as quais originaram 20 pontos muito próximos, como pode ser visto na Figura 14. Os estudos de interações entre o metal e o filme fino também foram realizados através de espectroscopia vibracional e eletrônica, e observa-se que há interação física entre os metais e os filmes nanoestruturados (resultados não apresentados neste artigo).

### Língua eletrônica

A Figura 15 apresenta um PCA com 3 unidades sensoras (lignina, bis (butilimido) perileno e polipirrol) utilizado na detecção de 3 metais diferentes,  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Pb}^{+2}$  e  $\text{Cd}^{+2}$ , (ANTUNES *et al.* 2005). Pelo gráfico é possível observar a distinção dos três metais, mostrando que a combinação de filmes nanoestruturados, medidas elétricas e análise estatística podem ser promissoras nas análises de amostras reais e complexas, como é o caso de amostras de água de rios, lagos, águas tratadas e não tratadas.

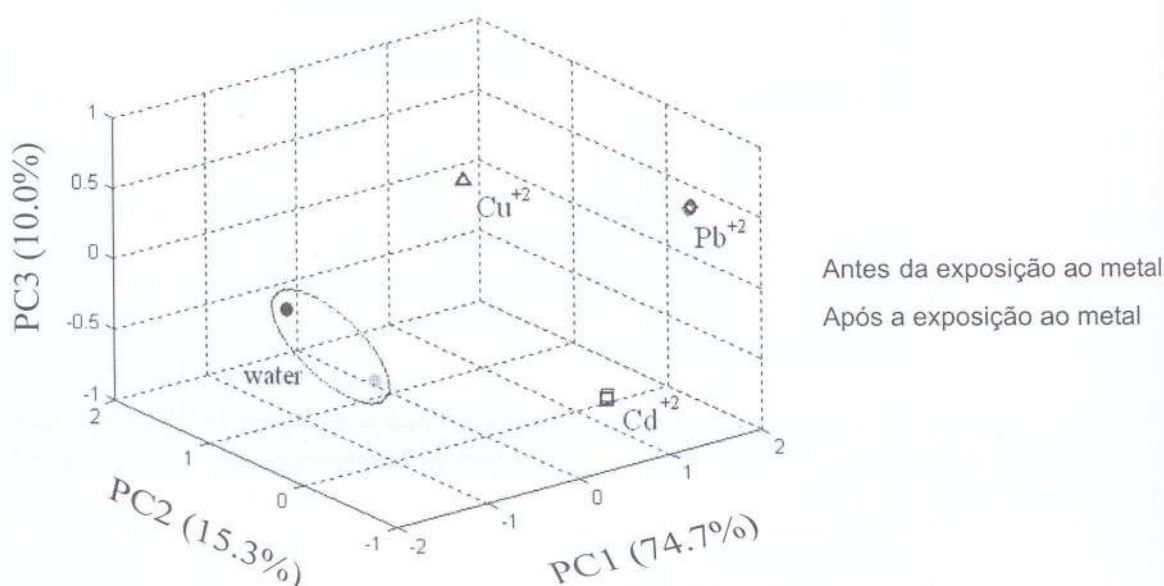


Figura 15: PCA para as 3 unidades sensoras (bis (butilimido) perileno, polipirrol e lignina imersos em água ultrapura, e soluções 2mg/L de  $\text{Pb}^{+2}$ ,  $\text{Cu}^{+2}$  and  $\text{Cd}^{+2}$ .

### Conclusão

O primeiro passo para que lignina, polipirrol e bis (butilimido) perileno pudessem ser utilizados como sensores de metais pesados foram as alterações ocorridas em isotermas p-A (filme de Langmuir). A presença de uma fase condensada bem definida para tais materiais permitiu a formação de filmes LB e conseqüentemente pudessem ser depositados em eletrodos interdigitados de ouro.

As variações nas medidas de capacitância e resistência de soluções contendo metais pesados em diferentes concentrações utilizando os 3 diferentes sensores, bem como a reprodutibilidade e reversibilidade das medidas foi outra etapa importante e decisiva para a aplicação dos sensores.

A partir da espectroscopia de absorção FTIR foi possível investigar a interação dos diferentes materiais e os íons metálicos, mostrando que os cátions divalentes devem interagir com os anéis aromáticos através de seus elétrons deslocalizados, no caso da lignina.

A boa reprodutibilidade das medidas elétricas evidencia que filmes LB de lignina, polipirrol e bis (butilimido) perileno podem vir a compor uma das unidades sensoras dos sistemas denominados “língua eletrônica”.

O trabalho apresentado neste artigo é apenas um começo.

As próximas etapas envolvendo a detecção de metais pesados em soluções aquosas consistem na sistematização do método (temperatura, faixa de concentração, espessura do filme LB, entre outras) já em andamento, ampliação no número de metais detectáveis, utilização de soluções contendo misturas metálicas e finalmente a aplicação do método em amostras reais.

## Referências

ANTUNES, P.A., CONSTANTINO, C.J.L., AROCA, R.F., **Packing and Surface Enhanced Fluorescence of PTCDF Derivatives with Varying Alkyl Chains in Langmuir and Langmuir-Blodgett Films**, *Langmuir*, v.17, p.2958, 2001.

ANTUNES, P.A., SANTANA, C.M., AROCA, R.F., OLIVEIRA Jr., O.N., CONSTANTINO, C.J.L., RIUL Jr. A. **The use of Langmuir-Blodgett films of a perylene derivative and polypyrrole in the detection of trace levels of Cu<sup>2+</sup> ions**, *Synthetic Metals*, v.48, p.21, 2005a..

ANTUNES, P.A., SANTANA, C.M., CONSTANTINO, C.J.L., AROCA, R.F., GIACOMETTI, J.A., RIUL Jr, A., **Nano-assembled films in the detection of heavy metal ions**, In: EUROSENSOR CONFERENCE, 2005, Barcelona, Espanha, Book of Abstract, 2005b.

BARROSO, L.P., ARTES, R. Apostila de minicurso: **Análise de Componentes Principais**. In 10º Simpósio de Estatística Aplicada à Experimentação Agronômica, Depto de Ciências Exatas, Universidade Federal de Lavras, 2003.

CONSTANTINO, C.J.L., ANTUNES, P.A., VENÂNCIO, E.C., CONSOLIN, N., FONSECA, F.J., MATTOSO, L.H.C., AROCA, R.F., OLIVEIRA Jr, O.N., RIUL, Jr, A. **Nanostructured Films of Perylene Derivatives: high performance materials for taste sensor applications**, *Sensor Letters*, v.2, p.95, 2004

DECHER, G., HONG, J.D. e SCHIMITT, J. **Creation and structural comparison of ultrathin films assemblies transferred freely suspended films and LB films in liquid crystals**, *Thin Solid Films*, v.210-211, p.831, 1992.

DINATALE, C., MACAGNANO, A., D'AMICO, A., LEGIN, A., VLASOV, Y., RUDNITSKAYA, A., Selenev, B., **Multicomponent analysis on polluted water by means of an electronic tongue**, *Sensors and Actuators B*, v.44, p.423, 1997.

HOLMIN, S., SPÅNGEOUS, P., KRANTZ-RÜLCKER, C., WINQUIST, F., **Sensors and Actuators B**, v.76, p.455, 2001.

LEGIN, A., RUDNITSKAYA, A. VLASOV, Y., DI NATALE, C., DAVIDE, F., D'AMICO, A., **Testing of beverages using an electronic tongue**, *Sensors and Actuators B*, v.44, p.291, 1997.

LEGIN, A., RUDNITSKAYA, A., VLASOV, Y., DI NATALE, C., D'AMICO, A. **Application of electronic tongue for qualitative and quantitative analysis of a complex media**, *Sensors and Actuators B*, v.65, p.232, 2000.

LEGIN, A., RUDNITSKAYA, A., LVOVA, L., VLASOV, Y., DI NATALE, C., D'AMICO, A., **Evolution of Italian wine by a electronic tongue: recognition, quantitative analysis and correlation with human sensory perception**, *Analytica Chemical Acta*, v.484, p.33, 2003.

LVOVA, L., KIM, S.S., LEGIN, A., VLASOV, Y., YANG, J.S., CHA, G.S., NAM, H., **All-solid-state electronic tongue and its application for beverage analysis**, *Analytica Chimica Acta*, v.468, p.303, 2002.

MACDONALD J.R., **Impedance Spectroscopy: Emphasizing solid materials and systems** John Wiley & Sons, New York, 1987.

MELLO, S.V., DHANABALAN, A., OLIVEIRA Jr., O.N., **LB films of parent polypyrrole**, *Synthetic Metal*, v.102, p.1433, 1999.

PASQUINI, D., PIMENTA, M.T.B., FERREIRA, L.H., CRUVELO, A.A.S., **Sugar cane bagasse pulping using supercritical CO<sub>2</sub> associated with co-solvent 1-butanol/water**, *Journal of Supercritical Fluids*, v.34, p.125, 2003.

Pesquisa FAPESP, **Degustação virtual** v.84. Disponível em: <http://www.revistapesquisa.fapesp.br/>, 2003 acesso em: 10 fevereiro 2005.

RIUL Jr. A., **A ciência imitando o corpo humano**, *Physicae*, v. 3, p.39, 2003.

RIUL Jr, A., GALLARDO, A. M., MELLO, S.V., BONE, S., TAYLOR, D. M., MATTOSO, L.H.C., **An electronic tongue using polypyrrole and polyaniline**, *Synthetic Metals*, v.132, p.109, 2003.

RIUL Jr, A., de SOUSA, H.C., MALMEGRIM, R.R SANTOS Jr, D.S. dos, CARVALHO, A.C.P.L.F., **Wine classification by taste sensors made from ultra-thin films and using neural networks**, *Sensors and Actuators B*, v.98, p.77, 2004.

SABESP, **Normas da ABNT**, disponível <<http://www.sabesp.com.br/>>, acessado em abril de 2005.

Toko, K., **Taste sensor with global selectivity**, *Materials Science and Engineering C*, v. 4, p.69, 1996.

WINQUIST, F., WIDE, P., LUNDSTRÖM, I., **Eletronic tongue based on voltametry**, *Analytica Chimica Acta*, v.357, p.21, 1997.

WINQUIST, F., HOLMIN, S., KRANTZ-RÜLCKER, C., WIDE, P., LUNDSTRÖM, I., **A hybrid electronic tongue**, *Analytica Chimica Acta*, v.406, p.147, 2000.

Disponível em, <<http://www.eng.man.ac.uk/merg/Research/datafusion.org.uk/pca.html>>, acessado em 19 de fevereiro de 2005.

Disponível em <[http://www.din.uem.br/ia/pca/pca1\\_oferecidos.htm](http://www.din.uem.br/ia/pca/pca1_oferecidos.htm)>, acessado em 19 de fevereiro de 2005.

Disponível em <[http://www.din.uem.br/ia/pca/pca1\\_oferecidos.htm](http://www.din.uem.br/ia/pca/pca1_oferecidos.htm)>, acessado em 19 de fevereiro de 2005.

# Grupo fractal e suas aplicações na natureza

## *The fractal group and its applications in the nature*

**Luís Roberto Almeida Gabriel Filho**

Mestre em Matemática Universidade Federal de São Carlos e Docente na FAI

**Camila Pires Cremasco Gabriel**

Mestre em Matemática Universidade Federal de São Carlos e Docente na FAI

**Odivaldo José Seraphim**

Livre Docente em Eletrificação Rural - Docente do Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura da Unesp de Botucatu

**Ângelo Cataneo**

Livre Docente em Informática Aplicada a Agricultura - Docente do Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura da Unesp de Botucatu

**Luiz Roberto Almeida Gabriel**

Livre Docente em Matemática - Docente do Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura da Unesp de Botucatu

### Resumo

O mundo científico tem verificado recentemente o advento de uma nova teoria: os fractais. Ao procurar uma palavra que melhor descrevesse as formas irregulares e a nova geometria que podemos classificar como intrínseca da natureza, o matemático polonês Benoit Mandelbrot, que hoje trabalha na IBM de Nova York, se deparou com o adjetivo latino *fractus*, vindo do verbo *frangere*, que significa quebrar, fraturar. Fractais são objetos que apresentam auto-semelhança e complexidade infinita, ou seja, sempre contém cópias, aproximadas ou não, de si mesmos, e são gerados pela iteração de processos simples. A geometria Euclidiana apresenta dimensões bem definidas e quantidades para a natureza, ou seja: 0, para um ponto; 1, para uma linha reta; 2, para um plano e 3, para um volume. Já a Geometria Fractal mostra infinitas possibilidades, com as dimensões podendo apresentar números fracionários, o que permite o ajuste bem melhor às condições naturais. Por outro lado, um conjunto não vazio  $G$  é um grupo em relação a uma operação pré-definida se, e somente se, valem as propriedades associativa, existência do elemento neutro e existência do elemento simétrico. Os objetivos desse trabalho são classificar cada fractal como sendo um grupo; estabelecer propriedades para os respectivos sub-grupos que mostraremos serem fractais; e representar formas ou fenômenos da natureza realizados pelos fractais e também pelos subgrupos fractais gerados.

## Palavras-chave

Fractais, grupos, fenômenos da natureza.

## Abstract

The scientific world has recently verified the advent of a new theory: the fractals. When looking for a word that better described the irregular forms and the new geometry that we can classify as intrinsic in the nature, the Polish mathematician Benoit Mandelbrot, that today works in IBM of New York, if came across with the Latin adjective fractus, come of the verb frangere, that it means to break. Fractal is objects that present self-similarity and infinite complexity, or either, always contains copies, approach or not, of itself same, and is generated by the iteration of simple processes. Euclidean geometry presents well definite dimensions and amounts for the nature, or either: 0, for a point; 1, for a line straight line; 2, for a plan and 3, a volume. Already Fractal Geometry shows to infinite possibilities, with the dimensions being able to present fractionary numbers, what it well better allows the adjustment to the natural conditions. On the other hand, a set not empty  $G$  is a group in relation to the one daily pay-define operation if, and only if, valley the properties associative, existence of the neutral element and existence of the symmetrical element. The objectives of this work are to classify each fractal as being a group; to establish properties for the respective sub-groups that we will show to be fractal; e to also represent forms or phenomena of nature carried through the fractal and the generated fractal sub-groups.

## Key words

Fractal, groups, phenomena of the nature.

## Introdução

Fractais são objetos gerados pela repetição de um mesmo processo recursivo, que apresentam auto-similaridade e complexidade infinita, ou seja, sempre contém cópias, aproximadas ou não, de si mesmos, e são gerados pela iteração de processos simples. Os fractais podem apresentar uma infinidade de formas diferentes, não existindo uma aparência consensual.

A complexidade infinita neste caso seria uma propriedade que significa que nunca conseguiremos representá-los completamente, pois a quantidade de detalhes é infinita; e sempre existirão reentrâncias e saliências cada vez menores. A autosimilaridade indica que um fractal costuma apresentar cópias aproximadas de si mesmo em seu interior. Um pequeno pedaço é similar ao todo. Visto em diferentes escalas a imagem de um fractal parece similar.

A geometria euclidiana lida com formas suaves: círculos, elipses e triângulo. A maioria dos objetos que temos à nossa volta é irregular, enquanto a geometria euclidiana comporta objetos suaves, geometria esta que muitas vezes impossibilita a descrição de fenômenos irregulares e complicados. A Geometria Fractal mostra infinitas possibilidades em relação à determinação das dimensões fractais, que ao contrário da dimensão Euclidiana dada aos objetos hoje conhecidos, podem ser fracionadas, o que permite um melhor ajuste frente às condições naturais.

A geometria fractal pode ser utilizada para descrever diversos fenômenos na natureza, onde não é possível a aplicação de geometrias tradicionais, bem como árvores, crescimento de populações, vasos sanguíneos, dentre outros. Segundo Benoit Mandelbrot, "Núvens não são esferas, montanhas não são cones, continentes não são círculos, um latido não é contínuo e nem o raio viaja em linha reta".

Inicialmente, as plantas e as nuvens foram classificadas como fractais, descoberta esta que mostram

que estas estruturas não eram complicadas. Atualmente, estão surgindo na área de engenharia grandes aplicações. Grandes estradas americanas onde existem paredes construídas para diminuir o som emitido pelos automóveis são pouco efetivas. Para resolver tal problema, criou-se uma superfície fractal que absorve melhor o som produzido do que as paredes usadas antes. Feito isto, a companhia francesa Colas passou a fabricar e vender tal produto idealizado na superfície referida. Também uma das maiores produtoras de cimento do mundo, a Lafarge, estuda a estrutura do concreto, que é fractal, e tem feito um concreto mais durável e leve.

Segundo Benjamin Franklin, "As pequenas causas têm, às vezes, grandes efeitos: a falta de um prego perdeu a ferradura, a falta da ferradura perdeu a montaria, a falta da montaria perdeu o cavaleiro".

## Materiais e métodos

Neste trabalho, utilizaremos, como material, as definições e observações a seguir.

**Definição 1:** A dimensão Hausdorff-Besicovitch  $d$  de um fractal é obtida através da fórmula

$$p = \left(\frac{1}{t}\right)^d \quad \text{ou} \quad d = \frac{\log(p)}{\log\left(\frac{1}{t}\right)},$$

onde  $p$  é número de pedaços relativos em cada iteração fractal entre uma iteração anterior e posterior; e  $t$  é o tamanho relativo entre uma iteração anterior e posterior.

As propriedades de um fractal são: (F1) auto-similaridade, (F2) complexidade infinita, (F3) formação através de um processo de realimentação, e (F4) possuir dimensão fractal. Deste ponto em diante, consideremos  $G$  um conjunto não vazio munido da operação  $*$ .

**Definição 2:** Dizemos que um conjunto é um grupo em relação a  $*$ , que denotamos  $(G, *)$  se:

- (a)  $a*(b*c) = (a*b)*c, \forall a, b, c \in G$ , isto é, vale a propriedade associativa;
- (b) existe  $e \in G$  de maneira que  $a*e = e*a = a, \forall a \in G$ , ou seja, existe elemento neutro;
- (c) todo elemento de  $G$  é simetrizável em relação à lei considerada, ou seja,  $\forall a \in G, \exists a' \in G \mid a*a' = a'*a = e$ .

**Definição 3:** Dizemos que um conjunto  $\bar{G} \subset G$  é um subgrupo se  $\bar{G}$  é fechado em relação à operação  $*$ ; e  $\bar{G}$  é um grupo em relação à operação induzida sobre  $\bar{G}$  pela operação  $*$ .

**Definição 4:** Se  $G$  atender todas as condições acima, dizemos ainda que é um grupo abeliano se: (d)  $a*b = b*a, \forall a, b \in G$ , isto é, vale a propriedade comutativa

**Definição 5:** Dados dois grupos  $(G, *)$  e  $(J, \Delta)$ , dizemos que uma aplicação  $f: G \rightarrow J$  é um homomorfismo de  $G$  em  $J$ , se  $(\forall a, b \in G) (f(a*b) = f(a) \Delta f(b))$ .

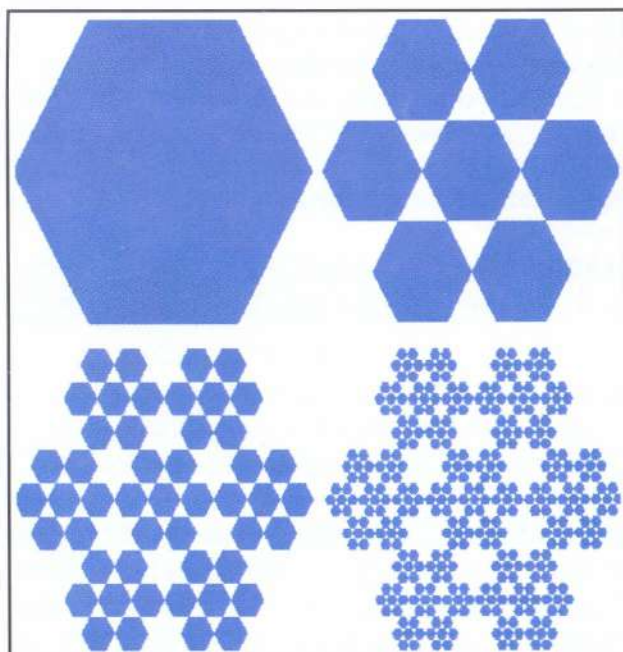
**Definição 6:** Dados dois grupos  $(G, *)$  e  $(J, \Delta)$ , dizemos que uma aplicação  $f: G \rightarrow J$  é um isomorfismo do grupo  $G$  no grupo  $J$  se  $f$  é bijetora e é um homomorfismo de grupos.

**Definição 7:** Se  $G$  é um grupo multiplicativo, dado  $a \in G$  define-se potência  $m$  ésimia de  $a$ , para todo inteiro  $m$  da seguinte maneira: se  $m \geq 0$ , por recorrência da seguinte forma  $a^0 = e$  (elemento neutro de  $G$ );  $a^m = a^{m-1} * a$ , se  $m \geq 1$ ; e se  $m < 0$ , por  $a^m = (a^{-m})^{-1}$ .

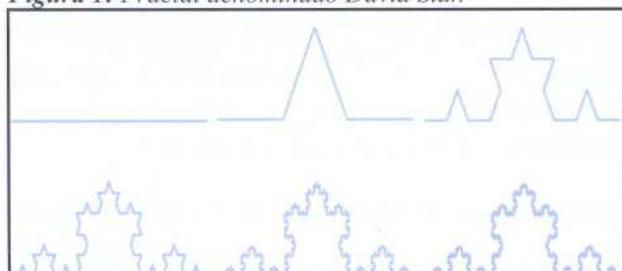
**Definição 8:** Um grupo multiplicativo  $G$  se denomina grupo cíclico se existe um elemento  $a \in G$ , que denominamos gerador de  $G$ , de maneira que  $G = \{a^m : m \in \mathbb{Z}\}$  ou denotando  $G = [a]$ .

A metodologia utilizada será a de classificar cada fractal como um conjunto no qual é possível fazer operações ou iterações com seus elementos; relações estas cujas propriedades permitiram classificá-lo como um grupo.

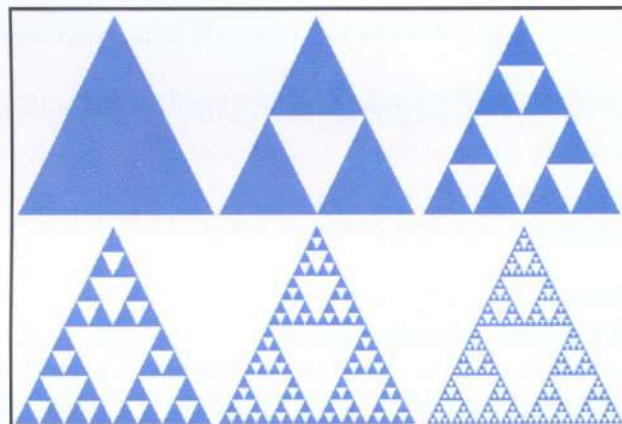
A seguir, alguns dos fractais mais conhecidos.



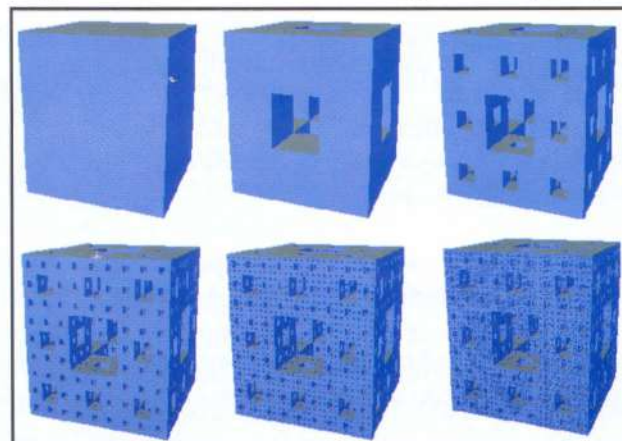
*Figura 1: Fractal denominado David Star.*



*Figura 2: Fractal denominado Curva de Koch (ou floco de neve).*



*Figura 3: Fractal denominado Triângulo de Sierpinsky.*



*Figura 4: Fractal denominado Esponja de Sierpinsky, encontrado em certos tipos de samambaias ou em moléculas de hemoglobina.*

## Resultados

Vamos agora encontrar a dimensão fractal dos fractais citados na metodologia.

(i) Para o fractal David Star, temos que  $p = 7$  e  $t = 1/3$ , e desta forma sua dimensão fractal é  $d = 1,77$ , pois:

$$d = \frac{\log(7)}{\log\left(\frac{1}{1/3}\right)} = \frac{\log(7)}{\log(3)} = 1,77$$

(ii) Para a Curva de Koch, temos que  $p = 4$  e  $t = 1/3$ , e desta forma sua dimensão fractal é  $d = 1,26$ , pois:

$$d = \frac{\log(4)}{\log\left(\frac{1}{1/3}\right)} = \frac{\log(4)}{\log(3)} = 1,26$$

(iii) Para o Triângulo de Sierpinsky, temos que  $p = 3$  e  $t = 1/2$ , e desta forma sua dimensão fractal é  $d = 1,58$ , pois:

$$d = \frac{\log(3)}{\log\left(\frac{1}{1/2}\right)} = \frac{\log(3)}{\log(2)} = 1,58$$

(iv) Para a Esponja de Sierpinsky, temos que  $p = 20$  e  $t = 1/3$ , e desta forma sua dimensão fractal é  $d = 2,72$ , pois:

$$d = \frac{\log(20)}{\log\left(\frac{1}{1/3}\right)} = \frac{\log(20)}{\log(3)} = 2,72$$

Suponhamos agora que exista uma lei de repetição  $a_i$ . Podemos aplicar essa lei  $n$  vezes dado um valor inicial, e dizemos que foi efetuado  $n$  iterações. A partir de uma dada lei, podemos obter o valor retornado  $a_i$  de cada iteração  $i \in N$ . Se  $i < 0$ , vamos definir  $a_i = a_{|i|}$ . Para a lei  $a_i = 2^i$ , com  $i \in N$  e considerando a metodologia acima para  $i < 0$ , obtemos a tabela e a figura a seguir. Note que as iterações 2 e -2 retornam o mesmo valor 4 e a representação gráfica também coincide. Porém, ressaltamos que essas iterações não são iguais.

| INTERAÇÃO | RESULTADO    |
|-----------|--------------|
| -3        | $a_{-3} = 8$ |
| -2        | $a_{-2} = 4$ |
| -1        | $a_{-1} = 2$ |
| 0         | $a_0 = 1$    |
| 1         | $a_1 = 2$    |
| 2         | $a_2 = 4$    |
| 3         | $a_3 = 8$    |

Tabela 1: Algumas iterações de  $a_i$ .

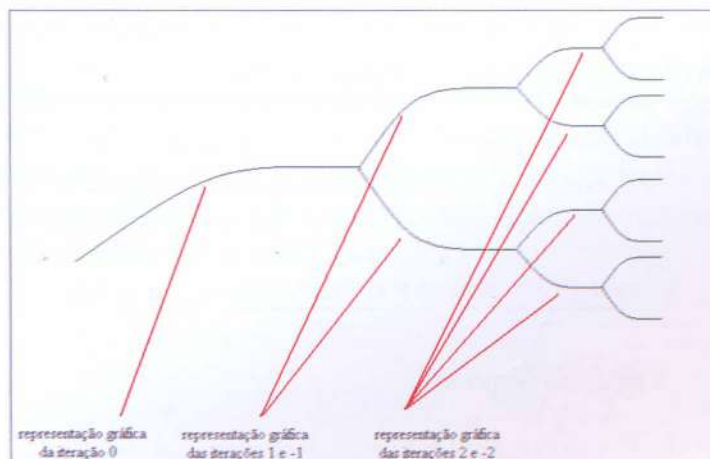


Figura 5: Algumas iterações de  $a_i$  graficamente.



Consideremos agora uma lei de repetição onde cada elemento é uma figura (ramificação), conforme indicado na tabela e figura a seguir. Dado que  $a_0=1$  ramificação, temos que  $a_i=2^i$  ramificações. Isto configura o Sistema de Bifurcação, que é um fractal.

| $a_2$ | $a_1$ | $a_0$ | $a_1$ | $a_2$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|
|       |       |       |       |       |

Tabela 2: Algumas iterações de  $a_i$  pertinentes ao Sistema de Bifurcação.

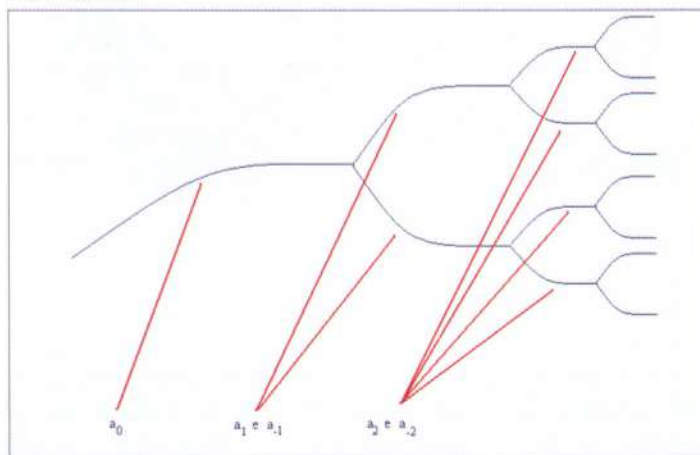


Figura 6: Sistema de Bifurcação.

Assumimos daqui em diante, como termos iguais “iteração  $i$ ” e “ $g_i$ ”. Logo, podemos dizer que  $a_i$  é o resultado que  $g_i$  retornou através da lei de repetição. Vamos convencionar que  $a_i$  pode ser todo o sistema de bifurcação até o passo  $i$ . Adotaremos a mesma convenção para  $g_i$ .

**Teorema 1:** Sejam  $G$  o conjunto de todas as iterações efetuadas para a formação de um fractal qualquer, isto é,  $G = \{g_i, i \in \mathbb{Z}\}$ ; e  $\otimes$  uma operação definida da forma  $g_r \otimes g_s = g_{r+s}$ , onde  $r, s \in \mathbb{Z}$ . Então  $G$  é um grupo abeliano e  $G = [g]$ , onde  $g = g_1$ .

**Demonstração**

As propriedades (i) associativa; (ii) existência do elemento neutro; (iii) existência do elemento simétrico; e (iv) comutativa são satisfeitas. De fato,

(iii)  $\forall g_r \in G, \exists (g_r)^{-1} = g_{-r} \in G \mid g_r \otimes g_{-r} = g_{r+(-r)} = g_0 = g_{(-r)+r} = g_{-r} \otimes g_r$

(iv)  $\forall r, s \in \mathbb{Z}, g_r \otimes g_s = g_{r+s} = g_{s+r} = g_s \otimes g_r$

Mostremos agora que  $G = [g]$ , onde  $g = g_1$ . Primeiramente, notemos que  $g^n = g_n$ . De fato, seja  $e$  o elemento neutro da operação  $\otimes$ . Se  $n = 0$ , então  $g^n = g^0 = e = g_0 = g_n$ . Se  $n > 0$ , temos que:

$$g^n = \underbrace{g \otimes g \otimes g \otimes \dots \otimes g}_{n \text{ vezes}} = \underbrace{g_1 \otimes g_1 \otimes g_1 \otimes \dots \otimes g_1}_{n \text{ vezes}} = \underbrace{g_{1+1+1+\dots+1}}_{n \text{ vezes}} = g_n$$

E para  $n < 0$ , temos que:

$$g^n = (g^{-n})^{-1} = \underbrace{(g \otimes g \otimes g \otimes \dots \otimes g)^{-1}}_{-n \text{ vezes}} = \underbrace{(g_1 \otimes g_1 \otimes g_1 \otimes \dots \otimes g_1)^{-1}}_{-n \text{ vezes}} = \underbrace{(g_{1+1+1+\dots+1})^{-1}}_{-n \text{ vezes}} = (g_{-n})^{-1} = g_n$$

Então  $G = \{g_n : n \in \mathbb{Z}\} = \{g^n : n \in \mathbb{Z}\}$ , ou seja,  $G$  é um grupo cíclico, onde o gerador é  $g$ . Portanto,  $G = [g]$ .

**Observação 2:**  $G$  é o conjunto que dá origem a cada fractal, sendo dada a lei de repetição que gera o mesmo. É conveniente perceber que  $g^n = g \otimes g \otimes g \otimes \dots \otimes g$  ( $n$  vezes) e  $g_n$  é a iteração.

**Definição 9:** Definimos  $nZ = \{n \cdot x \mid x \in \mathbb{Z}\}$  como o conjunto dos inteiros múltiplos de  $n$ .

**Definição 10:** Definimos o conjunto  $G^n$  (interações múltiplas de  $n$ ) da forma  $G^n = [g^n]$ . Por decorrência da definição, temos que:

$$G^n = [g^n] = \left\{ (g^m)^n : m \in \mathbb{Z} \right\} = \left\{ g^{m \cdot n} : m \in \mathbb{Z} \right\} = \left\{ g^h : h \in nZ \right\}$$

**Teorema 2:** A aplicação  $f: \mathbb{Z} \rightarrow G$ , dada por  $f(m) = g^m, \forall m \in \mathbb{Z}$ , é um isomorfismo do grupo aditivo  $\mathbb{Z}$  no grupo  $G$ . **Demonstração:**

- (i)  $f(m+n) = g^{m+n} = g^m \cdot g^n = f(m) \cdot f(n), \forall m \in \mathbb{Z}$ ;
  - (ii)  $N(f) = \{m \in \mathbb{Z} \mid g^m = e\} = \{0\}$ , pois  $g^m = e = g^0 \Rightarrow m = 0$ ;
- Dado  $g^r \in G, \exists h = r \in \mathbb{Z} \mid f(h) = f(r) = g^r$ .

**Teorema 3:** A aplicação  $f: nZ \rightarrow G^n$ , dada por  $f(m) = g^m, \forall m \in nZ$ , é um isomorfismo do grupo aditivo  $\mathbb{Z}$  no grupo  $[g]$ . **Demonstração.**

- (i)  $f(m+h) = g^{m+h} = g^m \cdot g^h = f(m) \cdot f(h), \forall m, h \in nZ$ ;
- (ii)  $N(f) = \{m \in \mathbb{Z} \mid g^m = e\} = \{0\}$ , pois  $g^m = e = g^0 \Rightarrow m = 0$ ;
- (iii) Dado  $g^r \in G^n, \exists h = r \in nZ \mid f(h) = f(r) = g^r$ .

O conjunto  $G^m$  é o conjunto de iterações múltiplas de  $m$ . Essas iterações podem retornar resultados que formam um fractal, diferente do fractal gerado por  $G$ .

**Teorema 4:** A dimensão Hausdorff-Besicovitch do fractal  $G^n$  é a mesma do fractal  $G$ , ou seja, a dimensão fractal é invariante em relação aos subgrupos  $G^n$  de  $G$ .

### Demonstração

Seja  $d$  a dimensão Hausdorff-Besicovitch do fractal  $G$  e  $d_n$  a dimensão Hausdorff-Besicovitch do fractal  $G^n$ . Se  $p$  é número de pedaços relativos em cada iteração fractal entre uma iteração anterior e posterior; e  $t$  é o tamanho relativo entre uma iteração anterior e posterior, então  $p^n$  será o número de pedaços relativos em cada iteração fractal entre uma iteração anterior e posterior; e  $t^n$  será o tamanho relativo entre uma iteração anterior e posterior. Logo,

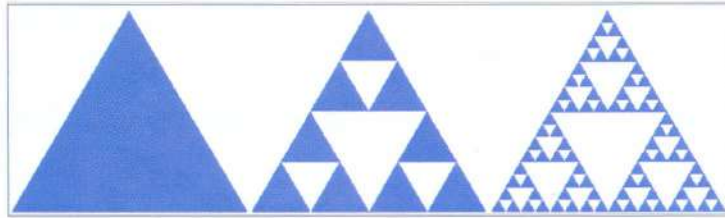
$$d_n = \frac{\log(p^n)}{\log\left(\frac{1}{t^n}\right)} = \frac{n \cdot \log(p)}{n \cdot \log\left(\frac{1}{t}\right)} = \frac{\log(p)}{\log\left(\frac{1}{t}\right)} = d$$

**Análise e discussão**

Pelos resultados obtidos, podemos verificar que para o fractal dado pela figura a seguir (Figura 7), temos pedaços relativos em cada iteração fractal entre uma iteração anterior e posterior; sendo que o tamanho relativo entre uma iteração anterior e posterior é  $1/4$ . Logo, sua dimensão é:

$$\frac{\log(9)}{\log(1/4)} = 1,58$$

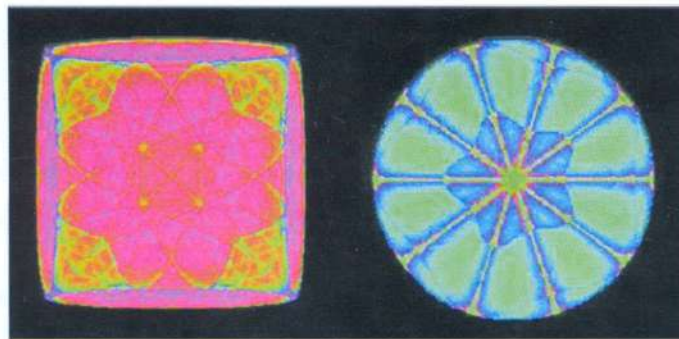
Este resultado já era esperado devido ao Teorema acima, e visto que este fractal é o subgrupo  $G^2$  do grupo fractal  $G$  Triângulo de Sierpinsky, cuja dimensão fractal também é  $d = 1,58$ .



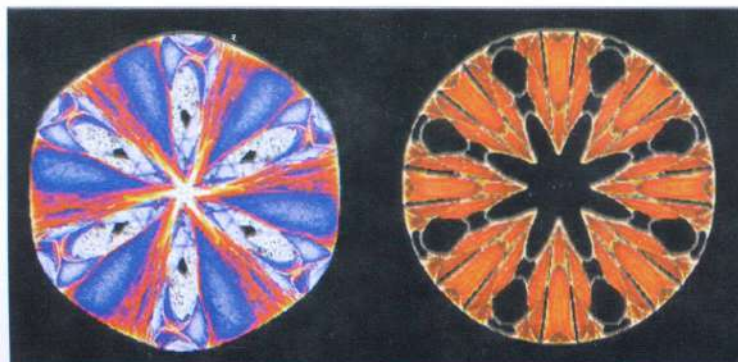
**Figura 7:** Subgrupo  $G^2$  do Grupo Fractal Triângulo de Sierpinsky.

Modelagem dinâmica discreta é a arte de modelar fenômenos que mudam com o tempo. Em um sistema dinâmico, um ponto do futuro depende do ponto presente. Como exemplos, podemos citar o tamanho de uma população, problemas genéticos, problemas de economia ou até quantidades de uma substância em uma reação química.

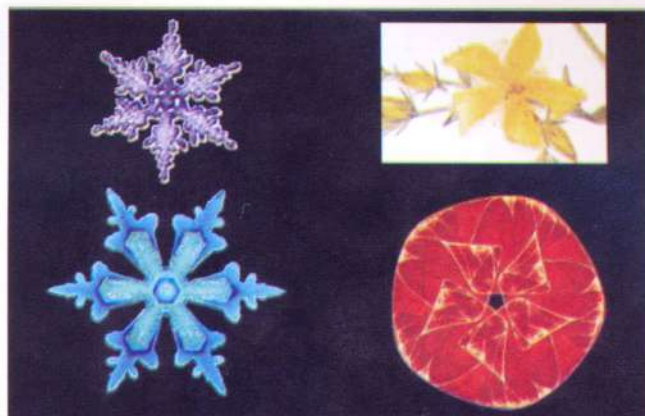
A notação usual é da forma  $g_{n+1} = f(g_n)$ , onde  $f$  é uma função qualquer e  $g$  como referido anteriormente. A seguir, ilustramos alguns exemplos de fractais gerados através de fórmulas de recursão como a descrita acima. Pelos resultados obtidos, é possível criar diversos outros fractais ou subgrupos dos grupos fractais abaixo.



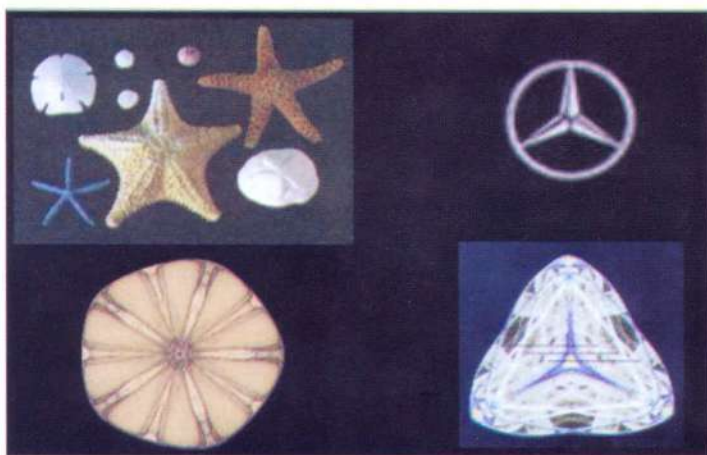
**Figura 8:** Fractais gerados a partir da lei  $f(z) = [k_1 + k_2|z|^2 + k_3 \operatorname{Re}(z^i)]z + k_4z^{-n-1}$ , onde  $k_i \in \mathbb{R}$  são constantes, com  $i = 1, 2, 3, 4$ , e  $z \in \mathbb{C}$ .



**Figura 9:** Fractais gerados a partir da lei  $f(z) = [k_1 + k_2|z|^2 + k_3 \operatorname{Re}(z^i) + k_4i]z + k_5z^{-n-1}$ , onde  $k_i \in \mathbb{R}$  são constantes, com  $i = 1, 2, 3, 4$ , e  $z \in \mathbb{C}$ .



*Figura 10: Imagens reais da natureza semelhantes a alguns fractais conhecidos.*



*Figura 11: Outras imagens reais da natureza semelhantes a alguns fractais conhecidos.*

Vários fractais representam fielmente um dado acontecimento caótico que, em geral, parecem não existir uma “lógica” ou uma lei / regra de formação. Um dos grandes campos de estudo nesta área é a modelagem destes fenômenos para descobrir propriedades antes desconhecidas de tal fenômeno, que possivelmente podem ser representados pelos fractais.

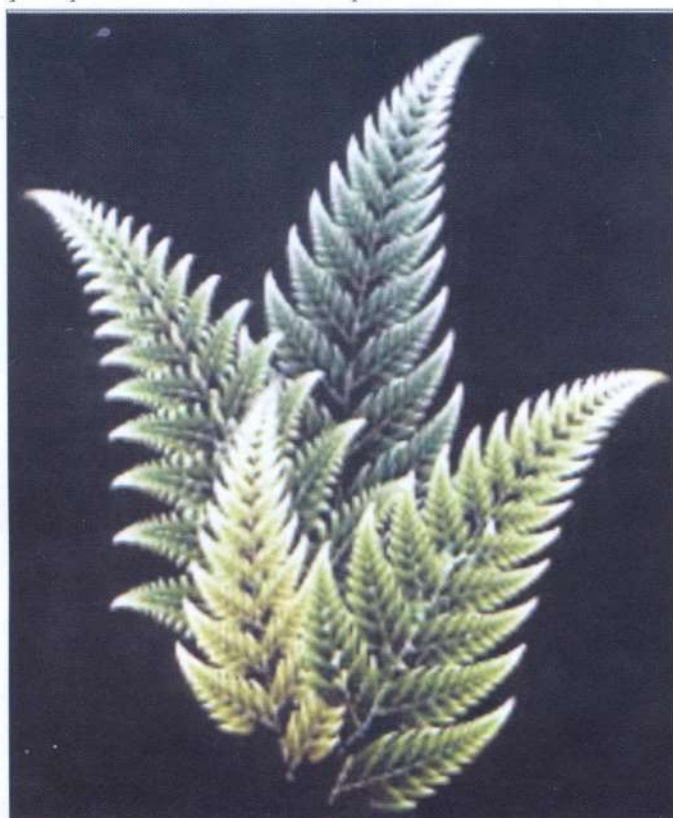
Abaixo, também mostramos atratores ou fractais que são utilizados na descrição de fenômenos de vários fatos.



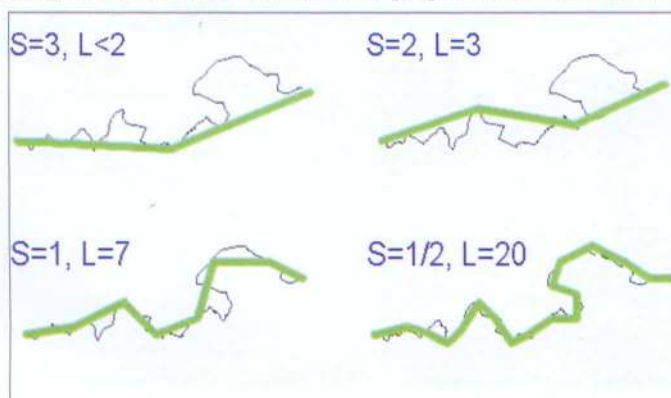
*Figura 12: Fractais gerados por diferentes processos de iteração.*



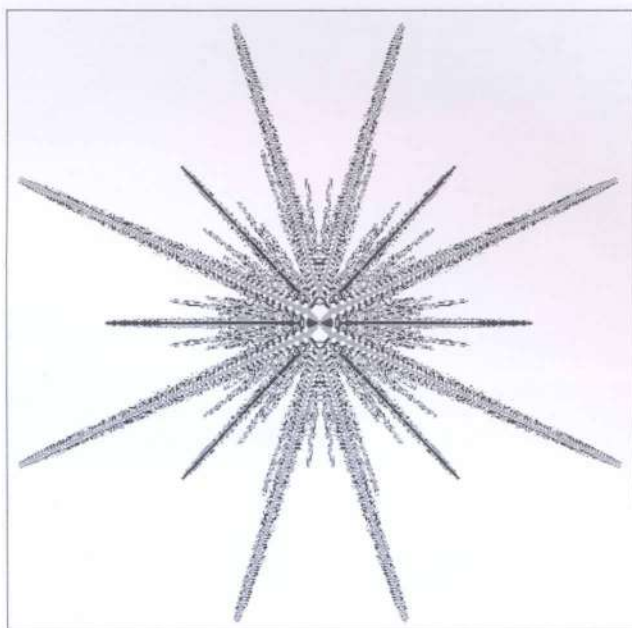
*Figura 13: Fractal gerado por um processo simples de iteração que representar um ramo de um pinheiro.*



*Figura 14: Plantas nativas são classes que podemos comparar aos fractais no intuito de encontrar propriedades intrínsecas.*



*Figura 15: Margens de costas litorâneas modeladas por fractais.*



**Figura 16:** Fractal que modela ou representa um floco de neve (ver também a Curva de Koch).

Tal quais os terremotos, que são medidos pela escala Richter, os furacões também são classificados. Com base na intensidade, a escala Saffir-Simpson classifica o fenômeno em números de 1 a 5, baseado no potencial de destruição esperado. A velocidade é o fator determinante da escala. O Katrina, que alagou Nova Orleans e parte do sul dos Estados Unidos no final de agosto, era da categoria 5, a mais forte de todas - com ventos superiores a 249 km/h. Foi o quarto da categoria no país desde que os furacões começaram a ser medidos. O último havia sido o Andrew, que matou pelo menos 43 pessoas em 1992, na Flórida.

Furacões podem ser modelados através de fractais, outra aplicação deste brilhante campo de estudo.



**Figura 17:** Furacão Cindy em julho de 2005 (Fonte: Nasa).

Também pode-se modelar raios e relâmpagos através de sistemas simples semelhantes ao Sistema de Bifurcação, que é um fractal.

Estas adaptações são feitas ou alterando o número de bifurcações, ou usando a teoria de grupos e subgrupos fractais desenvolvidos neste trabalho.



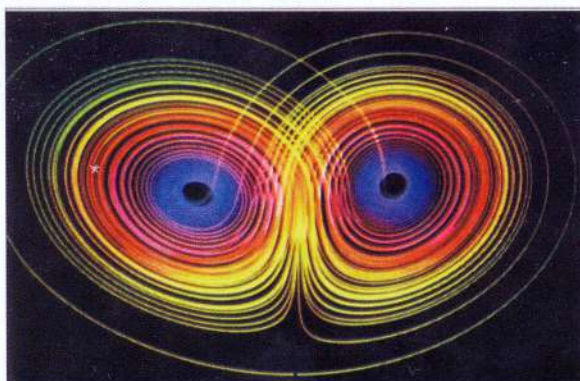
*Figura 18: Raios e relâmpagos cortam o céu de Henderson, Nevada.*

Agora, apresentamos algumas simulações de sistemas discretos clássicos que representam alguns fractais. Em geral, considera-se uma função  $f: \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^m$  e o sistema discreto  $a_{n+1} = f(a_n)$ . Em alguns destes modelos fizemos adaptações a partir de um modelo contínuo para um modelo discreto.

Edward Lorenz foi um dos precursores desta ciência caótica quando descobriu o que chamou de efeito borboleta, ou seja, a dependência sensível que um fenômeno tem pelas condições iniciais. O primeiro passo para a descoberta desta nova abordagem científica aconteceu quando ele pesquisava a previsão do clima através de um programa computacional para realizar simulações climáticas. Ele alimentava as equações com dados iniciais das condições climáticas e em seguida o programa começava a produzir gráficos de previsão climática.

Para a surpresa de Lorenz, quando seu computador teve que realizar uma seqüência de simulações climáticas e necessitando de dados iniciais, ao invés de inserir seis casas decimais, usou apenas três casas por achar que os milésimos decimais não afetariam significativamente o resultado. Para a sua surpresa, o gráfico começava sem nenhuma diferença do anterior, mas em determinado ponto ele se diferenciava drasticamente revelando que as condições iniciais determinam sensivelmente os resultados, ou seja, as três casas decimais que ele achou que não seriam importantes foram responsáveis por uma mudança completa na simulação. Em 1972, Lorenz lançou um artigo de grande repercussão intitulado “*Previsibilidade: o bater de asas de uma borboleta no Brasil desencadeia um tornado no Texas?*”, artigo este apresentado em 1972 em um congresso em Washington.

O atrator (fractal) criado por Lorenz é uma representação de um sistema de equações diferenciais autônomo. É um sistema dinâmico que, em princípio, foi idealizado para a compreensão de fenômenos meteorológicos. Se determinado o atrator, temos que suas infinitas trajetórias nunca se cortam, e também se pode provar que apresenta auto similaridade características dos fractais. O modelo atmosférico que faz uso do sistema de Lorenz consiste em uma atmosfera bidimensional retangular, cujo extremo inferior está a uma temperatura maior que a superior. Desta maneira, o ar quente fará aumentar a variável  $y$ , enquanto o ar frio fará abaixar, criando correntes que farão uma troca de calor por convecção. As variáveis envolvidas dependem unicamente do tempo e representam o fluxo convectivo, a distribuição de temperatura horizontal e a distribuição de temperatura vertical.



*Figura 19: Fractal denominado Atrator de Lorenz.*

Este atrator não difere muito do Atrator de Lorenz, sendo um pouco mais simples. Foi descoberto por Otto Rössler ao estudar oscilações em reações químicas, chegando a um modelo que tinha um comportamento caótico para certos valores dos parâmetros de reação. Utilizando o software Matlab obtemos a figura seguinte.

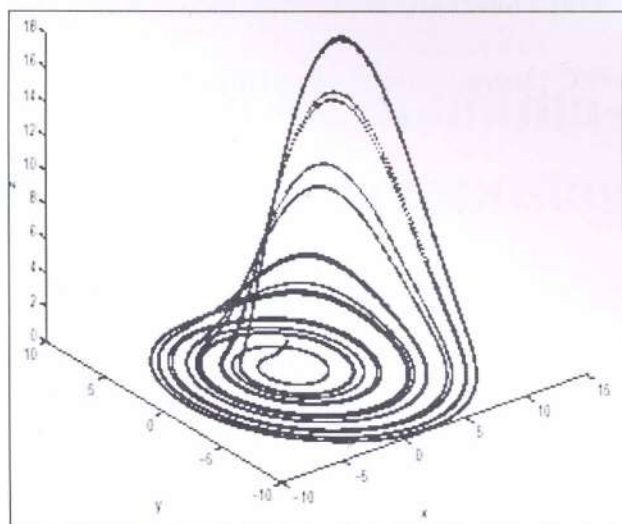


Figura 20: Atrator de Rössler Discreto.

## Conclusão

A partir deste trabalho, será possível realizar operações com estágios de iterações de formação de um fractal. A partir desta lei, os fractais foram classificados como sendo grupos cíclicos abelianos; e seus subgrupos gerados a partir de iterações múltiplas também são fractais. Também provamos que a dimensão fractal destes grupos e seus respectivos subgrupos acima citados são iguais, isto é, a dimensão fractal é invariante em relação a estes grupos e subgrupos.

Os subgrupos criados podem representar fractais diferentes do fractal que gerou o grupo descrito, e desta forma representar outras formas ou fenômenos da natureza antes não realizados pelos fractais pré existentes, retornando propriedades antes não constatadas destes objetos de estudo.

## Referências

- DOMINGUES, H.H.; **Álgebra moderna**. Editora Atual, São Paulo, 1979.
- GABRIEL FILHO, L.R.A.; **Comportamento assintótico de sistemas não lineares discretos**. Dissertação de Mestrado, São Carlos, 2004.
- HALE, J.K. e KOÇAK, H.; **Dynamics and Bifurcations**. Texts in Applied Mathematics, Springer - Verlag, v. 3., 1991.
- HARTMAN, P.; **Ordinary Differential Equations**. Wiley, 1964.
- KATO, T.; **Perturbation Theory for Linear Operators**. Grundlehren der mathematischen Wissenschaften, Springer - Verlag, v. 132., 1976.
- LASALLE, J.P.; **The Stability and Control of Discrete Processes**. Applied Mathematical Sciences, Springer - Verlag, v. 62, 1986.



- LIMA, E.L.; **Álgebra Linear**. Coleção Matemática Universitária, IMPA - Rio de Janeiro, 1998.
- MANDELBROT, B.B.; **The fractal geometry of nature**. Editora Freeman, New York, 1983.
- MANDELBROT, B.B.; **Objectos Fractais**. Editora Gradiva, New York, 1983.
- TAYLOR, A.E. e LAY, D.C.; **Introduction to Functional Analysis**. John Wiley & Sons - New York, 1980.

# Resíduos sólidos em Adamantina-SP: análise da usina de triagem e compostagem

## *Solid residues in Adamantina-SP: analysis of the screen and compounding factory*

**Jurandir Savi**

Doutor em Produção do Espaço Geográfico pela Unesp de Presidente Prudente e docente na FAI

### Resumo

Nesta pesquisa, em nível de doutorado junto ao Programa de Pós-graduação em Geografia da FCT/UNESP, Campus de Presidente Prudente, objetiva-se analisar a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos em Adamantina, diagnosticando sua realidade social, econômica e ambiental, e verificar a viabilidade econômica da usina de triagem e compostagem de lixo da Prefeitura Municipal. Para atingir os objetivos propostos estão sendo utilizadas várias fontes de dados, material cartográfico, censos oficiais, entrevistas, aplicação de questionários, trabalhos de campo, diagnóstico dos resíduos urbanos e visitas técnicas em outras cidades. Os estudos já realizados apontam para graves problemas ambientais relacionados ao funcionamento da usina de triagem e compostagem. Os resultados da pesquisa poderão contribuir para o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos em Adamantina, incluindo propostas para garantir a viabilidade econômica e ambiental da usina de triagem e compostagem, com benefícios para a população local pelo tratamento adequado dos resíduos sólidos urbanos e ampliação da vida útil do aterro sanitário.

### Palavras-chave

Resíduos sólidos, Adamantina, usinas de triagem e compostagem, viabilidade econômica.

### Abstract

This research, in terms of doctorate with the Post graduation Program in Geography of FCT/UNESP, Presidente Prudente Campus, aims to analyze the integrated management of solid urban waste in Adamantina, diagnosing its economical, environmental and social reality and to verify the viability of the waste sorting and compound trash plant of the City Hall. In order to achieve the goals proposed a number of data sources are being used such as field materials, official collected data, interviews, surveys, field work, diagnoses of urban waste and data collected from visits to other cities. Previous studies appoint to severe environmental problems related to the waste plant functioning. This research outcome may contribute to the integrated management of solid waste in Adamantina, including proposes for guaranteeing the environmental and economical viability of the waste sorting and compound plant, providing benefits to the locals by properly treating the solid urban waste and extending the useful life of the landfills.

### Key words

Solid waste, Adamantina, waste sorting and compound plant, economical viability.

## Introdução

Os problemas ambientais, que podem atingir diversas escalas, desde a localidade até dimensões planetárias, colocando em risco todas as formas de vida, têm sido cada vez mais alvos de freqüentes discussões, envolvendo desde pequenos grupos sociais, organizações não governamentais e governos aos organismos internacionais.

Entre os problemas que mais se destacam, por sua gravidade e existência em todos os locais, está o lixo. O problema não é atual, tendo em vista que o homem produz lixo desde a sua origem, mas a tomada de consciência a respeito das conseqüências de sua geração e disposição final constitui o grande avanço neste início de século.

Definido como “todo material inútil (...) descartado e posto em lugar público, lixo é tudo aquilo que se ‘joga fora’, o objeto ou a substância que se considera inútil ou cuja existência em dado meio é tida como nociva” (CALDERONI, 1997). Entretanto, atualmente, o conceito de lixo começa a ser questionado. Embora, na linguagem usual, o termo resíduo é entendido como praticamente sinônimo de lixo, pode-se entender por resíduo a sobra de um processo produtivo, industrial ou não, e que não se caracterize como lixo. Ou seja, muito do que é chamado ou tido com lixo, de fato não o é, constituindo resíduo que pode ser reutilizado ou é reciclável.

A questão dos resíduos sólidos urbanos desde há muito tempo, apresenta-se como um problema de difícil solução, tendo em vista a variedade de aspectos que seu trato registra como os ambientais, sócio-culturais, econômicos, legais e de saúde pública. Esses impactos, associados a um aumento significativo na taxa de geração de resíduos e sua concentração espacial, realçam ainda mais as dificuldades envolvidas e a necessidade de controle da produção e destinação de resíduos, para garantir a qualidade ambiental.

No Brasil são geradas aproximadamente 240 mil toneladas de lixo por dia. Desse total, 100 mil toneladas correspondem ao lixo domiciliar, apenas parcialmente coletado. Cerca de 70% é freqüentemente depositado a céu aberto, em cursos d' água, em áreas conhecidas como lixões (FEHR M.et al., 2001). Esses lixões passam a constituir, em razão da presença de resíduos recicláveis e reutilizáveis, locais de trabalho para milhares de pessoas.

Como alternativa para evitar essa degradação social, foram implantados, em alguns municípios brasileiros, usinas de triagem e compostagem, associadas ou não à coleta seletiva.

Segura (1997) afirma que existem “muitas alternativas de tratamento e destinação final de lixo e muito se fala sobre as experiências que se consolidaram e vêm se traduzindo em alternativas de geração de renda, contribuindo para a manutenção e sobrevivência de famílias”. Ressalta ainda, “que a reciclagem, além de colaborar na diminuição da quantidade de lixo para os aterros, lixões e incine-radores, ameniza o crescimento rápido das montanhas de lixo produzidas na cidade e preserva alguns elementos da natureza com o processo de reaproveitamento de materiais já transformados”. Nesta perspectiva, foram formadas muitas associações de empresas que investem na reciclagem, as quais trabalham outros aspectos, como o desenvolvimento de tecnologias para a recuperação dos materiais e, fundamentalmente, a receptividade do mercado.

Existem, portanto, várias alternativas para se enfrentar o problema dos resíduos sólidos urbanos, mas são necessários estudos detalhados para o conhecimento da realidade local das cidades, definição das melhores alternativas e análise de sua viabilidade econômica e ambiental. É o que se propõe nesta pesquisa.

Dentro deste contexto, a cidade de Adamantina, que possui população de aproximadamente 33.470

habitantes (IBGE, 2000), requer atenção especial em termos de gestão integrada de resíduos sólidos, não só pelos depósitos clandestinos existentes, que causam impactos ambientais e riscos à saúde da população, mas também pela existência da Usina de Triagem e Compostagem de lixo, em funcionamento desde 1989, que apresenta histórico de problemas e tentativas de acertos em sua operação e gestão, e do atual aterro sanitário, em funcionamento desde 2001.

Embora ainda constitua um ponto de referência regional, a usina tem apresentado problemas que têm dificultado sua operação: o seu pátio de disposição de rejeitos, que é pequeno para a quantidade gerada, sendo autuada, freqüentemente, pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB); a contaminação do solo com chorume e a poluição de curso d'água próximo.

Faz-se necessário coordenar ações que garantam sustentabilidade, para que o lixo não venha a ser um fator negativo ao desenvolvimento do município. Este é um dos objetivos que se busca atingir com a realização desta pesquisa junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT/UNESP, Campus de Presidente Prudente. É necessário analisar e compreender a questão do lixo em Adamantina, com a perspectiva de contribuir com propostas e ações para sua gestão integrada e a solução dos problemas, visando alcançar benefícios econômicos, sociais e ambientais que levem ao desenvolvimento sustentável, à melhoria da qualidade de vida dos moradores de Adamantina, em benefício de um meio ambiente urbano mais equilibrado, saudável e de uma valorização social dos atores diretamente envolvidos com os resíduos sólidos, no caso, os catadores e os funcionários da usina de triagem e compostagem.

A análise da viabilidade econômica da usina de triagem e compostagem de lixo, além do desenvolvimento de programas de educação ambiental para os atores sociais direta e indiretamente envolvidos com esta temática, constituem-se em ações práticas de desenvolvimento sustentável para a cidade de Adamantina.

Nesta perspectiva, apresentam-se alguns resultados preliminares da pesquisa, incluindo as características de Adamantina, de seus resíduos sólidos e da usina de triagem e compostagem existente.

### **Resíduos sólidos em Adamantina**

O município de Adamantina possui uma área de 411,8 Km<sup>2</sup>, ocupando 0,17% da área do Estado de São Paulo. Está localizado entre os cursos inferiores dos rios Aguapeí e Peixe.

A história ambiental do município, criado em 1948 pela Lei Estadual nº 233, contém uma sucessão de ações de degradação de suas matas, solos e águas, obedecendo ao padrão estabelecido na ocupação de todo o Oeste paulista. Assim, há rios assoreados, ausência de matas ciliares e solos erodidos em todo o município. O mesmo aconteceu com a situação do lixo, que historicamente, não foi gerenciado de forma adequada.

Todavia, há alguns anos, o poder público de Adamantina tem procurado adequar uma política municipal voltada ao ambiente, buscando-se solucionar a problemática da disposição dos resíduos sólidos urbanos de diversas origens.

Com o objetivo de minimizar ou mesmo eliminar os resíduos sólidos da zona urbana, gerando empregos e fornecendo adubo orgânico aos agricultores da região, a Usina de Triagem e Compostagem foi planejada em 1985, na gestão do Prefeito Sérgio Gabriel Seixas. A construção de fato iniciou-se em 1986, sob responsabilidade do engenheiro João Dimas Gavazzi, e o término da obra aconteceu em

1989, com parte dos equipamentos construídos pela própria Prefeitura e por uma metalúrgica de Piracicaba-SP, sendo que o custo total da obra foi financiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

Em princípio, a Usina de Triagem e Compostagem foi projetada para atender a um consórcio entre os municípios de Adamantina, Lucélia e Flórida Paulista, tendo em vista que o lixo coletado somente em Adamantina não atingia o montante demandado pelo BNDES para o financiamento dos equipamentos.

Na gestão seguinte, do Prefeito Sr. Wilson Luiz Lucianetti, foi aberta concessão a mais três cidades da região: Parapuã, Osvaldo Cruz e Junqueirópolis. Com a inclusão destes municípios ao consórcio, a usina começou a receber cerca de 70 toneladas de lixo por dia, sendo esta quantidade acima da capacidade instalada.

O lixo coletado pelas cidades vizinhas era trazido para Adamantina para processamento, com a cobrança de R\$ 14,00 por tonelada. Após o processamento, o composto orgânico era vendido aos mesmos municípios consorciados pelo preço de R\$ 20,00 a tonelada. Isto durou cerca de três anos aproximadamente. Todavia, por falta de pagamento dos municípios consorciados, o processo ficou inviabilizado, e houve o rompimento do convênio existente entre os municípios.

A Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo de Adamantina passou a apresentar, também, um grave problema, pois, por ausência de fiscalização rigorosa, o volume de resíduos armazenado diariamente acarretou uma significativa degradação ambiental, contaminando as águas superficiais (a exemplo do córrego Tocantins) e subterrâneas.

Em agosto de 1998, a CETESB lavrou auto de infração impondo a penalidade de multa, com valor referente a 501 Unidades Fiscais do Estado de São Paulo (UFESP), por falta de Licença para Funcionamento e pelo fato de a usina estar se constituindo em fonte de poluição, exigindo-se, tecnicamente, que fosse paralisado de imediato o seu funcionamento.

Foi elaborado um Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta Ambiental, o qual tem força de título Executivo Extrajudicial entre a CETESB e o Poder Público Municipal, visando à solução para o problema da destinação final dos resíduos sólidos domiciliares desta cidade.

Diante de uma série de dificuldades econômicas e financeiras, estando impossibilitado de honrar o compromisso assumido, foi solicitado pelo Poder Público Municipal, em meados de janeiro de 2002, a prorrogação do prazo para que fossem cumpridas todas as condutas estipuladas no Termo de Compromisso, sendo que foi deferida a prorrogação do prazo pela CETESB.

A Prefeitura do Município de Adamantina elaborou então um Plano de Emergência para a Usina de Triagem e Compostagem de Lixo e dando uma destinação adequada aos resíduos sólidos urbanos através do projeto de aterro sanitário em valas. Esta obra é de grande importância atualmente para a cidade e seus mananciais, tendo em vista que o local de disposição dos rejeitos resultantes da Usina está saturado e pôde ocorrer a transferência da compostagem para área adjacente ao aterro sanitário, com implantação de pátio de compostagem impermeabilizado.

### **Potencial econômico dos resíduos**

O gerenciamento integrado do lixo municipal deve começar pelo conhecimento de todas as características deste, pois vários fatores influenciam neste aspecto, tais como:

- Número de habitantes do município;

- Poder aquisitivo da população;
- Condições climáticas;
- Hábitos e costumes da população;
- Nível educacional.

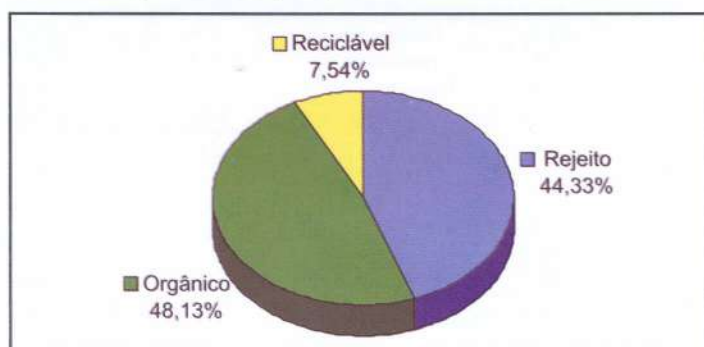
A composição física do lixo é obtida pela determinação do percentual de seus componentes mais comuns, tais como vidro, plásticos, metais, etc.

Através de pesquisas realizadas junto aos caminhões coletores de lixo, ao Departamento de Recursos Humanos da Prefeitura e, a partir de dados fornecidos pelo responsável pela usina, pôde-se apurar que atualmente a Usina de Triagem e Compostagem recebe, mensalmente, 670.457 quilos de lixo.

Isso representa 19,15 quilos/mês ou 0,64 quilos/dia de lixo por habitante.

Do total coletado, aproximadamente 50.552 quilos, ou 7,54%, são separados para comercialização como resíduos recicláveis. Os demais 619.905 quilos, ou 92,46% são compostos de 44,33% de rejeitos e 48,13% de matérias orgânicas, e são destinados ao Aterro Sanitário, onde há novo pátio para compostagem (Figura 1).

**Figura 1:** Composição do lixo de Adamantina

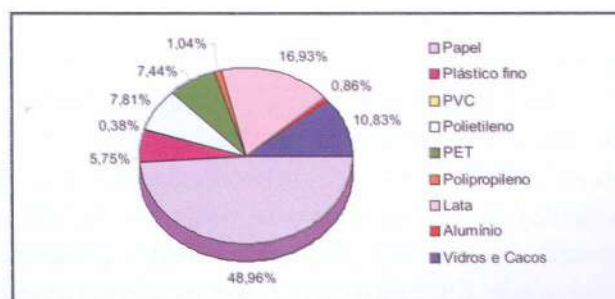


Fonte: Dados pesquisados pelo Autor, 2003.

Segundo o Manual de Gerenciamento Integrado (IPT/CEM-PRE, 2000), “a média nacional de composição dos resíduos sólidos é de 1,6% de vidro, 24,5% de papel, 2,90% de plástico, 2,30% de metais, 52,5% de material orgânico e 16,2% de outros materiais”, indicando o potencial econômico da reciclagem desses resíduos. Pode-se verificar, também, que o lixo brasileiro, é rico em material orgânico.

A composição dos resíduos recicláveis de Adamantina fica dentro da média nacional, como se pode constatar na Figura 2.

**Figura 2:** Composição dos resíduos recicláveis de Adamantina



Fonte: Dados pesquisados pelo Autor, 2003.

O material reciclável separado na usina é vendido pela Prefeitura para empresas da região, obtendo-se, uma receita mensal de, aproximadamente, R\$ 17.800,00, conforme tabela 1.

**Tabela 1:** Apuração das quantidades e valor unitário de cada material vendido

| Item  | Qtde (kg) | Descrição                         | Valor Unit. | Valor Total (R\$) |
|-------|-----------|-----------------------------------|-------------|-------------------|
| 1     | 25.078    | Papel/Papelão                     | 0,30        | 7.523,40          |
| 2     | 2.945     | Plástico Fino                     | 0,25        | 736,25            |
| 3     | 195       | Plástico tipo PVC                 | 0,28        | 54,60             |
| 4     | 4.000     | Polietileno Branco/Colorido       | 0,55/m      | 2.200,00          |
| 5     | 3.810     | Plástico tipo PET Branco/Colorido | 0,65        | 2.476,50          |
| 6     | 532       | Poli Propileno                    | 0,35        | 186,20            |
| 7     | 8.672     | Lata                              | 0,25        | 2.168,00          |
| 8     | 440       | Alumínio/Amônio/Cobre/Metal       | 3,00        | 1.320,00          |
| 9     | 5.547     | Vidro e cacos de vidro            | 0,20        | 1.109,40          |
| TOTAL | 51.219    |                                   |             | 17.774,35         |

Fonte: Dados pesquisados pelo Autor, 2003.

O montante da despesa mensal, considerando-se mão-de-obra direta, indireta, operacional e manutenção, é de, aproximadamente, R\$ 19.500,00. Portanto, a usina apresenta “déficit” operacional.

Para torná-la economicamente sustentável, estabeleceu-se a meta de aumentar para 10% do volume total coletado em resíduos recicláveis, o que corresponderia a 67.045 quilos/mês, e para 25% a compostagem, o que corresponderia a 167.614 quilos/mês de material orgânico, conforme Tabela 2.

**Tabela 2:** Apuração para venda e viabilidade da usina.

| Item  | Qtde (kg) | Descrição                         | Valor Unit. | Valor Total (R\$) |
|-------|-----------|-----------------------------------|-------------|-------------------|
| 1     | 32.826    | Papel/Papelão                     | 0,30        | 7.523,40          |
| 2     | 3.855     | Plástico Fino                     | 0,25        | 736,25            |
| 3     | 255       | Plástico tipo PVC                 | 0,28        | 54,60             |
| 4     | 5.236     | Polietileno Branco/Colorido       | 0,55/m      | 2.200,00          |
| 5     | 4.988     | Plástico tipo PET Branco/Colorido | 0,65        | 2.476,50          |
| 6     | 697       | Poli Propileno                    | 0,35        | 186,20            |
| 7     | 11.351    | Lata                              | 0,25        | 2.168,00          |
| 8     | 576       | Alumínio/Amônio/Cobre/Metal       | 3,00        | 1.320,00          |
| 9     | 7.261     | Vidro e cacos de vidro            | 0,20        | 1.109,40          |
| 10    | 96.000    | Composto Orgânico                 | 0,06        | 5.760,00          |
| TOTAL | 163.045   |                                   |             | 29.026,85         |

Fonte: Dados pesquisados pelo Autor, 2003.

## Conclusão

Neste trabalho, puderam-se apontar os resultados que uma avaliação dos resíduos e sua gestão integrada adequada podem trazer para o município:

- Ambientais: os maiores benefícios são ao meio ambiente e a saúde da população. Se o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos contar com um sistema de compostagem adequadamente gerenciado, os benefícios podem ser ainda maiores. A reciclagem implica numa redução significativa do nível de poluição ambiental e do desperdício de recursos naturais, por meio da economia de energia e de matérias-primas, prolongando a vida útil do aterro.

- Econômicos: o gerenciamento integrado adequado dos resíduos sólidos apresenta, normalmente, custos mais elevados que os métodos convencionais. De qualquer forma, é importante notar que o objetivo do gerenciamento não é apenas gerar recursos, mas reduzir o volume de lixo, maximizando a vida útil do aterro sanitário, o que por si só implica em economia, e gerando ganhos ambientais. É um investimento no meio ambiente e na qualidade de vida. Não cabe, portanto, uma avaliação baseada unicamente na equação financeira dos gastos da prefeitura com o lixo, que despreza os ganhos ambientais, sociais e econômicos da coletividade. Em curto prazo, a coleta seletiva, a triagem e venda dos recicláveis

permitiria ganhos de qualidade, favorecendo a operação do sistema e a qualidade dos materiais a serem comercializados, com a aplicação dos recursos assim obtidos em benefícios sociais, em melhorias de infra-estrutura para a comunidade, podendo ainda gerar empregos e integrar na economia formal, trabalhadores marginalizados.

· **Políticos:** contribui positivamente para a imagem do governo municipal e da cidade, uma vez que a coleta seletiva associada ao gerenciamento integrado exige um exercício de cidadania, em que os cidadãos assumem um papel ativo em relação à administração da cidade, ampliando as possibilidades de aproximação entre o poder público e a população.

## Referências

CALDERONI, S. - **Os bilhões perdidos no lixo** - São Paulo: Humanitas Editora/FFLCH/USP, 1997.

FEHR, M. et alii. **Lixo Biodegradável no Aterro, Nunca Mais**. Banas Ambiental, 3(2): 12-20, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, **Censo**, 2000;

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS, COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM.- **Lixo Municipal. Manual de Gerenciamento Integrado**, (IPT. Publicação, 2622) São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000;

KROM, Valdevino. **Estudo da Viabilidade Econômica de Uma Usina de Compostagem de Lixo**. Dissertação de Mestrado. FCA/UNESP/BOTUCATU, 1987;

MAZZINI, E. J. **De lixo em lixo em Presidente Prudente**. Monografia de Bacharelado, FCT/UNESP, 1997;

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de Compostagem - processo de baixo custo**. Belo Horizonte: UNICEF, 55p, 1990;

PRADO, F.J.F. **Lixo urbano: formas de disposição no ambiente**. Revista de Geografia, SP, 10:75-92, 1991;

SANTOS, J.P.dos e BARBOSA, W. (Coords.). **O lixo pode ser um tesouro**. Rio de Janeiro: Centro Cultural Rio Cine. 1992. livro 3. 17p.

SEGURA, M. **Reciclagem e geração de renda**. Saneamento Ambiental, 7(4):20-27, 1997.



# Força de Tração na barra de mecanismos sulcadores de semeadoras-adubadoras de plantio direto

*Traction force in the furrowers mechanisms bar of sowers - fertilizers of direct plantation*

**André Satoshi Seki - José Guilherme Lança Rodrigues**

Discentes do Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura Unesp Botucatu

**Paulo Roberto Arbex Silva**

Doutor em Energia na Agricultura e Docente do Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura Unesp Botucatu

**Sérgio Hugo Benez**

Livre Docente do Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura Unesp Botucatu

**Rogério Buchala**

Docente na FAI

**Rogério Menezes de Mello**

Mestre em Oceanografia Biológica pela Universidade do Rio Grande e docente na FAI

## Resumo

Com o objetivo de avaliar a demanda energética de mecanismos sulcadores tipo haste e disco duplo, de uma semeadora-adubadora de plantio direto, em diferentes profundidades e espaçamentos entre linhas da cultura do milho (*Zea mays* L.), instalou-se um experimento de campo com delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições e seis tratamentos. Os resultados permitem concluir que o desempenho dos sulcadores foi diferenciado quanto à profundidade de trabalho e o espaçamento entre as hastes. Quanto maior a profundidade de trabalho da haste, maior a força requerida na barra de tração, a força máxima e a força por linha de semeadura. O mecanismo sulcador tipo haste requer maior força que o disco duplo, com um aumento médio de 97,4 %.

## Palavras-chave

Força de tração, sulcadores, plantio direto

## Abstract

The objective of this work was evaluate the energetic performance of the furrow openers and double disc mechanisms in no till machines working in three depth and two space row of corn plants. The experimental design was randomized block, with four replications and six treatments. The results showed that were statistical differences among the treatments. In the greatest operation depth, the traction force is bigger. The furrow opener when comparative in double disc, it has an increment of the 97,4%.

## Key words

Traction force, furrow openers, direct plantation

## Introdução

Com o objetivo de diminuir os custos operacionais e reduzir a movimentação do solo, muitos agricultores estão substituindo o preparo de solo convencional pelo sistema de plantio direto. Este sistema fundamenta-se na mínima mobilização do solo, no uso de herbicidas para o controle de plantas daninhas, formação de cobertura vegetal no solo, rotação de culturas e uso de semeadora-adubadora específica. Se por um lado a prática do plantio direto contribuiu para a conservação do solo, a maior retenção de água no solo, ocasionada pelo sistema de plantio direto, pode aumentar a compactação devido ao tráfego de máquinas, com isso, faz-se necessário o uso de hastes sulcadoras em semeadoras-adubadoras para romper esta camada superficial compactada.

Estas hastes, também conhecidas como facões, são elementos que rompem o solo, exigindo maiores esforços de tração e consumo de combustível, quando comparados aos discos duplos. A força na barra de tração depende de algumas variáveis do solo como, por exemplo, o teor de água no solo (CHANG *et al.*, 1983). Entretanto, Siqueira *et al.* (2000) verificaram que o teor de água no solo não afetou o requerimento de potência, e também obtiveram maiores valores de força na maior profundidade de trabalho (12,5cm).

Por outro lado, o excesso de mobilização do solo pode induzir a formação de camadas compactadas, que interferem na permeabilidade do solo, no desenvolvimento radicular das plantas e, conseqüentemente, na produtividade das culturas.

A redução do espaçamento entre fileiras na cultura do milho tem sido uma prática adotada para melhorar a produtividade. Segundo Argenta *et al.* (2000), a redução do espaçamento entre fileiras, mantendo-se o mesmo número de plantas por área, pode promover alterações nas características das plantas, pois estas recebem maior incidência de luz, podendo refletir em maior produtividade.

O presente trabalho foi desenvolvido para se avaliar o desempenho de mecanismos de abertura de sulco (haste e disco duplo) de uma semeadora-adubadora em três profundidades de trabalho (0,10; 0,20 e 0,30 m) e dois espaçamentos entre fileiras (0,45 e 0,90 m); na implantação da cultura do milho.

## Material e métodos

Os estudos foram realizados na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agrônômi-

cas – Unesp – Campus de Botucatu, em solo classificado como Nitossolo Vermelho distroférico, relevo ondulado, textura do solo muito argilosa.

O delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso. Foram utilizados 8 tratamentos com 4 repetições totalizando 32 parcelas de 20m de comprimento e 8m de largura; constituídos de três profundidades de trabalho das hastes e dois espaçamentos entrelinhas distintos para a cultura do milho, além de duas testemunhas com o disco duplo, nos dois espaçamentos entre fileiras citados em seguida. São estes: H – haste; DD – disco duplo; P1 – profundidade de 0,10m; P2 – profundidade de 0,20m; P3 – profundidade de 0,30m. E1 – espaçamento entrelinhas de 0,45m e E2 – espaçamento de 0,90m.

A semeadora-adubadora utilizada no experimento foi da marca Marchesan, modelo PST<sup>2</sup>, própria para semeadura direta. Para os tratamentos com o espaçamento entre fileiras de 0,45 m foram utilizadas 6 linhas de semeadura. Para o espaçamento entre fileiras de 0,90 m foram utilizadas 4 linhas de semeadura.

O trator utilizado foi da marca SLC John Deere, modelo 6600, com potência no motor de 88,3 kW (120 cv).

Foram analisados os seguintes parâmetros: força de tração na barra, força máxima de tração e força por linha de semeadura. Para determinação das forças citadas anteriormente, utilizou-se uma célula de carga, com capacidade de 100 kN, marca Sodemex, modelo N-400 com sensibilidade de 1,998 mV/V, a qual foi instalada na barra de tração do trator, mantendo-se constante a marcha e a rotação do motor.

Após o ensaio os dados foram analisados por meio de análise de variância e testes de médias de Tukey, adotando-se o nível de significância de 5% de probabilidade.

## Resultado e discussão

Conforme mostra o Quadro 1, houve diferença significativa do parâmetro força média entre os espaçamentos dentro do mecanismo sulcador tipo haste. Nota-se um aumento de 21,8 % na exigência de força na barra de tração quando foi utilizado o espaçamento de 0,45m (1848 N) comparado ao espaçamento de 0,90m (1516 N). Tal resultado pode ser explicado pelo maior número de unidades de semeadura utilizado no espaçamento de 0,45m (6 unidades).

Observa-se ainda que ocorreu diferença significativa entre as profundidades de trabalho para ambos os espaçamentos estudados. Houve um aumento médio da força de 102% quando a profundidade passou de 0,10m para 0,20m, aumento médio de 50% de 0,20m para 0,30m e quando a profundidade passou de 0,10m para 0,30m, houve um incremento médio de 304% na exigência de força na barra. Isto mostra que a exigência de força média na barra é um parâmetro diretamente ligado a profundidade de trabalho do mecanismo sulcador tipo haste. Para o espaçamento de 0,90m há um acréscimo de aproximadamente 800 N para cada 0,10m de aumento da profundidade de trabalho; já para o espaçamento de 0,45m, o acréscimo é de 1000 N para cada 0,10m de profundidade, ou seja, essa diferença de 200 N deve-se ao maior número de unidades de semeadura utilizados no espaçamento de 0,45m.

Ainda no Quadro 1, verifica-se que não houve diferença significativa entre os espaçamentos estudados para o mecanismo sulcador tipo disco duplo, fato este que constata novamente que este mecanismo sulcador é pouco influenciado pelo número de unidades de semeadura.

Comparando-se mecanismos sulcadores, verifica-se que houve diferença significativa para o parâmetro

força média, com um aumento médio de 97,4% no mecanismo sulcador tipo haste. Este resultado mostra a maior exigência de força requerida pelo mecanismo sulcador tipo haste, projetado para abrir o sulco para deposição de fertilizantes e romper camadas de solo mais adensadas. Ao contrário, o mecanismo sulcador tipo disco duplo, apenas abre o sulco para deposição de fertilizantes.

Observa-se que nos Quadros 2 e 3, que mostram os valores de força máxima de tração (pico de força) e força por linha de semeadura, respectivamente, o comportamento foi semelhante ao discutido anteriormente para o parâmetro força média de tração na barra.

Em média, a força máxima foi aproximadamente 10 % superior à força de tração média requerida na barra, na operação de semeadura de milho. Tal resultado está de acordo com Casão Júnior et al. (2001), que verificaram que esta diferença foi de aproximadamente 10%.

**Quadro 1.** Valores médios de força de tração na barra (kgf) em função da profundidade de trabalho e do espaçamento entre linhas.

| Tratamento     |    | Média      |   |
|----------------|----|------------|---|
| Haste          | E1 | 1516       | B |
|                | E2 | 1848       | A |
| E1             | P1 | 747        | C |
|                | P2 | 1511       | B |
|                | P3 | 2291       | A |
| E2             | P1 | 914        | C |
|                | P2 | 1854       | B |
|                | P3 | 2777       | A |
| Disco          | E1 | 844        | A |
|                | E2 | 860        | A |
| Haste          |    | 1682       | A |
| Disco          |    | 852        | B |
| <b>DMS =</b>   |    | <b>98</b>  |   |
| <b>CV(%) =</b> |    | <b>3,7</b> |   |

*\*Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na linha e minúscula, na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.*

**Quadro 2.** Valores médios de força máxima de tração (kgf) em função da profundidade de trabalho e do espaçamento entre linhas.

| Tratamento     |    | Média      |   |
|----------------|----|------------|---|
| Haste          | E1 | 1741       | B |
|                | E2 | 2116       | A |
| E1             | P1 | 941        | C |
|                | P2 | 1774       | B |
|                | P3 | 2509       | A |
| E2             | P1 | 1189       | C |
|                | P2 | 2107       | B |
|                | P3 | 3053       | A |
| Disco          | E1 | 1045       | A |
|                | E2 | 1060       | A |
| Haste          |    | 1636       | A |
| Disco          |    | 1053       | B |
| <b>DMS =</b>   |    | <b>141</b> |   |
| <b>CV(%) =</b> |    | <b>4,6</b> |   |

**Quadro 3.** Valores médios de força máxima de tração (kgf) em função da profundidade de trabalho e do espaçamento entre linhas.

| Tratamento     |            | Média |   |
|----------------|------------|-------|---|
| Haste          | E1         | 379   | A |
|                | E2         | 308   | B |
| E1             | P1         | 187   | C |
|                | P2         | 378   | B |
|                | P3         | 573   | A |
| E2             | P1         | 152   | C |
|                | P2         | 309   | B |
|                | P3         | 463   | A |
| Disco          | E1         | 211   | A |
|                | E2         | 143   | B |
| Haste          |            | 344   | A |
| Disco          |            | 177   | B |
| <b>DMS =</b>   | <b>21</b>  |       |   |
| <b>CV(%) =</b> | <b>3,9</b> |       |   |

### Conclusão

- 1) Quanto maior a profundidade de trabalho da haste sulcadora, maior a força na barra de tração, a força máxima de tração e a força por linha de semeadura.
- 2) Há uma maior demanda de força na barra de tração do trator, quando a semeadora-adubadora trabalha no espaçamento de 0,45m em relação ao espaçamento de 0,90m, devido ao maior número de unidades de semeadura.
- 3) O mecanismo sulcador tipo haste tem maior requerimento de força que o disco duplo, com um aumento médio de 97,4%.

### Referências

- ARGENTA, G. et al. **Resposta de híbridos simples de milho à redução de espaçamento entre linhas.** In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 23., 2000, Uberlândia. Resumos... Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. p.111.
- CASÃO JUNIOR, R., SIQUEIRA, R., ARAÚJO, A.G. **Dinâmica de semeadoras-adubadoras de plantio direto** (Parte II). Plantio Direto, n.65, p.21-27, 2001.
- CHANG, C.S., PORTELLA, J.A., KUMAGAI, I. **Exigência da força nos sistemas que utilizam tração para o plantio direto.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13., 1983, Rio de Janeiro. Resumos... Rio de Janeiro, SBEA. p. 130- 134.
- SIQUEIRA, R., et al. **Demanda energética do solo por hastes sulcadoras de semeadoras-adubadoras de plantio direto.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. Anais... Fortaleza, Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2000. 1 CD-ROM.