

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**Uso de manipueira como biofertilizante no cultivo do milho: avaliação do efeito no solo, nas águas subterrâneas e na produtividade do milho.**

**Éria Cardoso**

**Criciúma**  
**2005**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Uso de manipueira como biofertilizante no cultivo do milho: avaliação do efeito no solo, nas águas subterrâneas e na produtividade do milho.**

**Éria Cardoso**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense como requisito para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Ambientais.

**Área de Concentração:** Ecologia e Gestão de Ambientes Alterados.

**Orientador:** Prof. Dr. Marcos Marques da Silva Paula

**Co-Orientador:** Prof. Dr. Álvaro José Back

**Criciúma**

**2005**

Dedico esta dissertação ao meu esposo Rodrigo e ao meu filho, **Rodrigo Junior**. Ao Rodrigo, por não ter medido esforços para que eu conseguisse alcançar meus objetivos durante esta jornada e ao meu filho Rodrigo Junior pelo carinho e compreensão nos momentos de ausência.

## AGRADECIMENTOS

### ***Aos mestres:***

Minha gratidão ao **Prof. Dr. Marcos Marques**, pela amizade, dedicação e, principalmente, pela confiança e oportunidade de trabalhar sob sua orientação, compartilhando comigo este crescer, repartindo seus conhecimentos e contribuindo desta forma para que eu buscasse as ferramentas com as quais poderei abrir novos horizontes rumo aos meus ideais profissionais e humanos.

Ao **Prof. Dr. Álvaro** pela sábia co-orientação, dando um enfoque estatístico ao estudo.

A **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Edna Regina Amante**, da Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade em participar de outros trabalhos e aumentar o meu conhecimento dentro da ciência.

### ***A família:***

Aos meus queridos pais, **Paulo e Adiles**. De vocês recebi o dom mais precioso do Universo: a vida. Por isso já seria eternamente grato. Mas vocês não se contentaram em presentear-me somente com ela, revestiram minha existência de amor, carinho e dedicação. Cultivaram em mim, quando criança, todos os valores que me transformaram em um adulto responsável e consciente, iluminando meu caminho com a luz mais brilhante que puderam encontrar... a instrução. Sei que hoje estão realizados tanto quanto eu. Tomara Deus que eu consiga transmitir seus ensinamentos com a mesma dignidade com que vocês fizeram chegar a mim.

Ao meu esposo **Rodrigo** por estar ao meu lado em mais esta etapa de minha vida, transmitindo confiança e carinho nos momentos mais difíceis, incentivando-me a prosseguir fossem quais fossem os obstáculos. Embora em muitos momentos não pudemos ficar juntos, sei que o teu amor e estímulo foram as armas desta vitória que puderam tornar tudo isso possível.

Ao meu filho **Rodrigo Junior**, minha maior e eterna paixão. Especialmente a você, quero compartilhar minha felicidade. A você, o sonho, o beijo, o abraço, o diploma, a vida .... o futuro!

***Aos colegas e amigos:***

A amiga **Jucélia Jeremias Fortunato**, pela amizade e sugestões maravilhosas enquanto amiga e mestranda. Sei que o mestrado valeu a pena também, por conviver contigo.

A **Fabricia Cardoso Petronilho** minha grande amiga, pela parceria em muitas disciplinas do Mestrado, compartilhando comigo as expectativas do dia-a-dia, cultivando esta amizade que o tempo amadureceu.

Aos **bolsistas do LASICOM**, Giorgio, Danon, Maicon e Marcel pela colaboração e ajuda nos experimentos de campo e de laboratório.

***Aos empreendedores:***

Ao senhor Pedro Paulo, proprietário da empresa Fecularia Ouro Branco, por ter concedido a maniqueira e as Áreas Piloto e Testemunha Absoluta para investigação deste estudo.

Ao senhor Mário, agricultor e proprietário da Área Testemunha que, sob nossa orientação, executou o plantio do milho nas Áreas Piloto e Testemunha e disponibilizando-os para que tornássemos este estudo possível.

A CIDASC por ter feito as análises de solo e nos ter fornecido os resultados gratuitamente.

***Ao mestre dos mestres: Deus***

A **Deus** que me deu o Dom da Vida e me abençoou. Que me deu força para chegar ao fim do caminho escolhido. Que me presenteou com momentos de sucesso e vitória. Agradeço-te por estar sempre comigo, iluminando meus passos, dando-me sabedoria, serenidade e coragem, permitindo que eu chegasse até aqui e com muita vontade de seguir adiante.

Toda nova experiência é uma nova possibilidade de vida, porque o futuro, muitas vezes, é limitado apenas pelo sonho...

O homem é do tamanho do seu sonho, do seu ideal, de sua esperança e de seu plano.

O homem faz o sonho e, ao realizá-lo, é o sonho que faz o homem.

A persistência em alcançar o objetivo é o que conta.

Todos nós sabemos que é mais fácil descer a montanha do que escalá-la, mas o panorama melhor é o que vemos lá de cima.

Éria Cardoso

## RESUMO

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) é uma cultura agrícola muito importante por constituir a base alimentar das populações de baixa renda, podendo ser utilizada industrialmente para produção de farinha, fécula e tapioca. Na fabricação destes produtos são gerados alguns resíduos sólidos e efluentes líquidos potencialmente poluidores. Os efluentes originados nas etapas de processamento da mandioca têm aproveitamento muito restrito, com algumas exceções em fertirrigação, como inseticida, nematicida e herbicida. A manipueira, extrato líquido gerado no processamento da mandioca, possui aspecto leitoso, contendo de 5 a 7% de fécula, glicose, glicosídeos cianogênicos, bem como substâncias orgânicas e nutrientes minerais que sustenta a potencialidade do composto como adubo.

O presente estudo investigou o emprego de manipueira como biofertilizante para cultivo do milho e seus efeitos no solo e nas águas subterrâneas. A caracterização físico-química do efluente apresentou os seguintes resultados: pH (23° C): 3,6; Cianeto: < 0,05 mgL<sup>-1</sup>; DQO: 7.747,00 mgL<sup>-1</sup>; DBO<sub>05dias</sub>: 5.660,00 mgL<sup>-1</sup>; Fósforo total 36,80 mgL<sup>-1</sup>; Nitrogênio: 167,00 mgL<sup>-1</sup>; Sólidos sedimentáveis: 48,00 mgL<sup>-1</sup>; Sólidos totais: 6.024,00 mgL<sup>-1</sup>. Quanto a composição físico-química das águas subterrâneas, houve melhoria em termos de pH de 4,8 no poço de monitoramento da Área Testemunha Absoluta para em média de 7,0 nos poços de monitoramento da Área Piloto. Os demais parâmetros analisados, exceto sólidos sedimentáveis, apresentaram aumentos significativos de DQO, DBO, Fósforo, Nitrogênio e Sólidos Totais na Área Piloto, indicando que o lançamento do efluente nas condições empregadas neste estudo, podem contaminar as águas subterrâneas. O aumento no teor de matéria orgânica, potássio e fósforo no solo, indicaram sua potencialidade como adubo. A cultura do milho no solo fertirrigado apresentou aumento de produtividade de grãos, frutos mais sadios e as plantas apresentaram crescimento e massa verde significativamente superiores, em confronto com milho cultivado na Área Testemunha indicando o aproveitamento da manipueira como adubo. Apesar de risco de contaminação das águas subterrâneas, o uso de manipueira como biofertilizante é um processo possível e interessante para o reaproveitamento agrícola, gerando economia e reduzindo impactos ambientais, desde que respeitadas suas limitações.



## ABSTRACT

Manioc (*Manihot esculenta*, Crantz) is a very important cultivation by forming the nourishing basis of low income population. It may be made useful industrially to make manioc flour, starch and tapioca. While those products fabrication, some solid residues and liquid affluent polluted have been generated. The liquid affluent that is originated during manioc process stage has a very restrict utilization, with some exception in fertirrigation as insecticide, herbicide and nematicide.

The manipueira, a liquid extract resulting by manioc process, has a milky aspect, containing from 5% to 7% of starch, glucose, cyanhydric acid, as well as organic substances and mineral nutrients and it supports the pottenciality of the composition as fertilizer.

This study investigated the application of manipueira as biofertilizer to cultivate maize and its effects on the soil and on the subterranean waters. The physico-chemical characterization of effluent showed the following results: pH (23° C): 3,6; Cyaneto: < 0,05 mgL<sup>-1</sup>; DQO: 7.747,00 mgL<sup>-1</sup>; DBO<sub>05dias</sub>: 5.660,00 mgL<sup>-1</sup>; total Phosphorus 36,80 mgL<sup>-1</sup>; Nitrogen: 167,00 mgL<sup>-1</sup>; sedimentary Solids: 48,00mgL<sup>-1</sup>; total Solids : 6.024,00 mgL<sup>-1</sup>.

As the physico-chemical composition of the subterranean waters there was an improvement in terms of 4,8 pH in the monitored well from Testemunha Absoluta Area to in avarage 7,0 to the monitored well in Piloto Area.

The other parameters analized, except sedimentary solids, showed significative increasing of DQO, DBO, phosphorus, nitrogen and total solids in Piloto Area, shwoing the throwing of effluent on the conditions applied in this study may contaminate the subterranean waters. The increasing in the organic substance proportion, potassium and phosphorus in the soil, showing its potential as fertilizer. The cultivation of maize in the fertirrigated soil showed increasing of the gain, healthier fruit and the plants showed growth and green mass significantly superior contrasted wirth the maize cultivated in Testemunha Area. It shows the utilization of manipueira as biofertilizer and as a possible and interesting process in order to make good use in agriculture making savings and reducing the environmental impacts, since respecting its limitations.

Key Words: manipueira, manioc, starch, biofertilizer, soil, wastewater.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE TABELAS .....	xi
LISTA DE SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS .....	xii
<b>I INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz).....	2
1.1.1 Estrutura da planta .....	2
1.1.2 Cultura da Mandioca .....	3
1.1.3 Caracterização da Mandioca .....	4
1.1.4 Toxidez da Mandioca .....	5
1.1.4.1 Ácido cianídrico .....	8
1.1.5 Industrialização da Mandioca .....	9
1.1.5.1 Sazonalidade da produção.....	11
1.1.6 Aspectos sócio-econômicos da mandioca e a situação nacional .....	12
1.2 Fécula.....	13
1.2.1 Polvilho .....	14
1.3 Caracterização dos resíduos e efluentes gerados no processo de ind. ....	17
1.3.1 Resíduos .....	17
1.3.1.1 Resíduos sólidos .....	17
1.3.2 Efluentes Líquidos .....	18
1.3.2.1 Manipueira.....	20
1.4 Tratamento dos efluentes gerados no processo de ind. da mandioca.....	23
1.4.1 Tanque de decantação e infiltração .....	23
1.4.2 Tanques com aeração forçada e lagoas de estabilização.....	24
1.4.3 Tratamento anaeróbio (biodigestores) .....	24
1.5 Riscos de impactos ambientais.....	25
<b>II OBJETIVOS .....</b>	<b>27</b>
2.1 Objetivo geral .....	27
2.2 Objetivos específicos .....	27

<b>III MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	28
3.1 Caracterização da área de estudo .....	28
3.1.1 Área Piloto .....	28
3.1.2 Área Testemunha .....	29
3.1.3 Área Testemunha Absoluta .....	29
3.2 Caracterização do efluente .....	30
3.3 Disposição do efluente ao solo .....	30
3.4 Poços de monitoramento .....	31
3.5 Análise de água subterrânea .....	32
3.6 Análise de solo .....	32
3.7 Plantio de milho .....	33
3.7.1 Safra 2003 .....	33
3.7.2 Safra 2004 .....	34
3.8 Análise estatística .....	35
<b>IV RESULTADOS</b> .....	36
4.1 Caracterização do efluente .....	36
4.2 Análise de solo .....	36
4.3 Análise das águas subterrâneas .....	38
4.4 Produtividade do milho e massa parte aérea .....	39
4.4.1 Safra 2003 .....	39
4.4.2 Safra 2004 .....	40
<b>V DISCUSSÃO</b> .....	41
<b>VI CONCLUSÕES</b> .....	47
<b>VII PERSPECTIVAS</b> .....	48
<b>VIII REFERÊNCIAS</b> .....	49

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura da mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz).....	3
Figura 2: Glicosídeos cianogênicos: linamarina e lotaustralina.....	6
Figura 3: Hidrólise enzimática da linamarina – Cianogênese .....	7
Figura 4: Fluxograma das etapas de produção de fécula doce (LIMA, 2001).....	15
Figura 5: Fluxograma do processo de industrialização de polvilho azedo. Modificado de LIMA, 2001 .....	16
Figura 6: Área Piloto da Fecularia Ouro Branco. Santa Rosa do Sul/SC. Foto: Éria Cardoso em 21/06/2004 .....	28
Figura 7: Aplicação de manipueira diluída na Área Piloto. Santa Rosa do Sul/SC. Foto: Éria Cardoso em 21/07/2004.....	31
Figura 8: Poço de monitoramento PM1 localizado na Área Piloto. Santa Rosa do Sul/SC. Foto: Éria Cardoso em 17/10/2005 .....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição química da manipueira (média em 20 amostras analisadas) .....	21
Tabela 2: Resultados referentes a análise do efluente bruto da empresa Ouro Branco, Santa Rosa do Sul/SC e os valores máximos permitidos. Laboratório de águas e efluentes industriais do IPAT/UNESC.....	36
Tabela 3: Resultados da análise de solo nas Áreas Piloto e SM0 da empresa Ouro Branco, Santa Rosa do Sul/SC. Laboratório de solos da CIDASC, Florianópolis/SC .....	37
Tabela 4: Resultados das análises de águas subterrâneas da primeira amostragem realizadas nos poços de monitoramento PM0, PM1, PM2 e PM3, no mês de agosto de 2004. Laboratório de águas e efluentes industriais do IPAT/UNESC .....	38
Tabela 5: Resultados das análises de águas subterrâneas da segunda amostragem realizadas nos poços de monitoramento PM0, PM1, PM2 e PM3, no mês de fevereiro de 2005. Laboratório de águas e efluentes industriais do IPAT/UNESC .....	39
Tabela 6: Média dos resultados de pesos e medidas das espigas de milho amostradas na Área Piloto comparadas com as espigas da Área Testemunha. Safra 2003. ....	39
Tabela 7: Resultados referentes à produtividade do milho e massa da parte aérea das plantas nas Áreas Piloto e Testemunha. Safra 2004. Laboratório de química II da UNESC.. ....	40

## LISTA DE SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

$\mu\text{m}$	Micrometro
ABAM	Associação Brasileira de Amido de Mandioca
Al	Alumínio
CIDASC	Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina
Cmol/L	Centimol por litro
CN	Cianeto
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FAO	Food And Agriculture Organization
g/kg	Grama por quilo
HCN	Ácido cianídrico (cianeto de hidrogênio)
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPAT	Instituto Ambiental e Tecnológico
K	Potássio
K <sub>2</sub> O	Óxido de Potássio
KCN	Cianeto de potássio
Kcal/kg	Quilocalorias por quilo
mgL <sup>-1</sup>	Miligrama por litro
N	Nitrogênio
NS	Não Significativo
P	Fósforo
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Pentóxido de difósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PM0	Poço de Monitoramento localizado na Área Testemunha Absoluta
PM1	Poço de Monitoramento 1 localizado na Área Piloto
PM2	Poço de Monitoramento 2 localizado na Área Piloto
PM3	Poço de Monitoramento 3 localizado na Área Piloto

PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Íon Fosfato
ppm	parte por milhão
ROLAS	Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo
PVC	Poli (cloreto de vinila)
SM0	Monitoramento do Solo na Área Testemunha Absoluta
SM1	Monitoramento do Solo da primeira análise na Área Piloto
SM2	Monitoramento do Solo da segunda análise na Área Piloto
SST	Sólidos Sedimentáveis Totais
ST	Sólidos Totais
TAC	Termo de Ajustamento de Condutas
UNESC	Universidade do Extremo Sul Catarinense

## I INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento demográfico e, conseqüentemente um maior consumo de alimentos têm intensificado as práticas agropecuárias. O aumento da área plantada acarreta grandes extensões desmatadas aliada ao emprego abusivo de fertilizantes e agrotóxicos, que além de onerosos, representam um sério risco a saúde humana e ao meio ambiente.

Para se obter colheitas com o máximo rendimento, faz-se necessário devolver ao solo os nutrientes subtraídos pelos vegetais, incorporando adubos inorgânicos para melhorar sua fertilidade. Por este motivo, as adubações, o combate à erosão e às pragas são práticas rotineiras nas propriedades rurais.

Como conseqüência desse crescimento acelerado, uma série de danos e impactos ambientais têm sido registrados, desde erosão do solo, passando pela contaminação do lençol freático, até assoreamento de rios, os quais têm sido cada vez mais poluídos com os defensivos agrícolas.

Estes problemas tornam-se ainda mais graves, não só em função da maior densidade populacional, mas porque estes são acompanhados de maior concentração de atividades industriais que entregam à sociedade bens e serviços, vindo a consumir matérias-primas e energia, gerando resíduos e emissões.

As atividades das agroindústrias em geral, quando não usam técnicas adequadas de fertilização, combate às pragas e gerenciamento de seus resíduos, degradam o solo com remoção da vegetação nativa, queimadas, capinas químicas, agrotóxicos, além de gerar vários tipos de resíduos sólidos e efluentes líquidos em seu processamento, os quais se não tratados ou dispostos racionalmente, alteram o ecossistema em geral manifestando-se de diversas formas: poluição hídrica, do solo, poluição atmosférica, chuvas ácidas e a destruição da camada de ozônio, comprometendo a nossa qualidade de vida, ocasionando riscos à saúde e ao meio ambiente.

O sul catarinense enquadra-se neste contexto com as atividades industriais e agroindustriais, gerando impactos ambientais oriundos de seu processamento. Uma das atividades que tem contribuído para aumentar o risco de impactos ambientais na região é a industrialização da mandioca, que podem gerar quantidades significativas de resíduos e efluentes por reunirem-se em um dado local ou município (CEREDA, 2001).



Segundo o Termo de Ajustamento de Condutas – TAC, 2004, referente à adequação da atividade da cultura da mandioca no sul catarinense, a atividade industrial da mandioca é geradora de 2.294 empregos diretamente nas unidades familiares de produção e cerca de 120 empregos diretos nas 26 unidades de industrialização da região, abrangendo os municípios de São João do Sul, Santa Rosa do Sul, Sombrio, Araranguá, Morro da Fumaça, Treze de Maio e Jaguaruna.

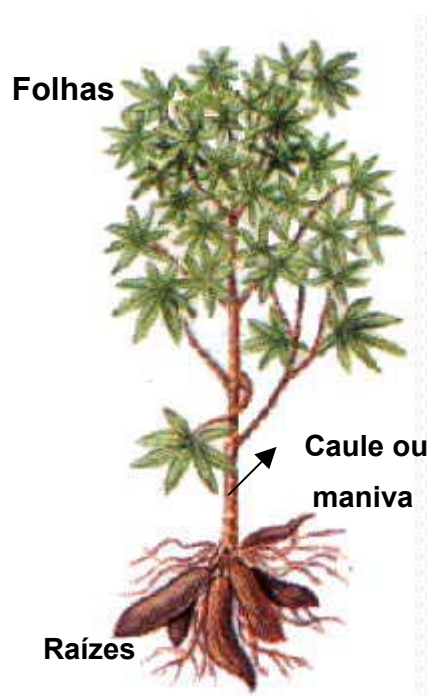
O presente trabalho se propõe a avaliar o uso da manipueira diluída, resultante do processo de fabricação da fécula, em fertirrigação no cultivo de milho, com a finalidade de indicar uma alternativa que seja capaz de, ao mesmo tempo, reduzir impactos ambientais e gerar recursos, conseqüentemente reduzindo custos.

## **1.1 Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**

### **1.1.1 Estrutura da planta**

A mandioca apresenta raízes que são o principal órgão de armazenamento dos carboidratos produzidos pela planta na forma de fécula, cuja importância no setor alimentar aumenta a cada dia. A mandioca pertence a família Euforbiaceae, originária do Brasil (PIZA e PINHO, 2002) é resistente nas mais adversas condições de cultivo – solo e condições climáticas. Para fins comerciais se reproduzem por propagação vegetativa, utilizando-se manivas (estacas).

É uma planta arbustiva com muitos galhos, chegando a atingir 3 m de altura, com raiz tuberosa, comprida, espessa, com látex abundante, em regra muito venenosa, mas de alto valor como alimento, quando seca ou cozida. Produz de seis a oito raízes feculentas, com peso médio de 600 gramas por raiz, com cerca de 30 cm de comprimento por 7 cm de diâmetro. Seu ciclo pode ser de um a dois anos. É comercializada sob a forma de raiz e derivados, sendo uma excelente fonte de energia (DALLAQUA e CORAL, 2002). **Figura 1.**



**Figura 1.** Estrutura da Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

### 1.1.2 Cultura da Mandioca

A mandioca caracteriza-se por ser uma planta tolerante a condições de seca e baixa fertilidade do solo, motivo pelo qual é comumente cultivada e consumida por pequenos produtores rurais em áreas cujos solos são pobres e onde as condições climáticas nem sempre são favoráveis a exploração da cultura. Entretanto, a mandioca constitui-se como a base alimentar para mais de 500 milhões de pessoas no mundo todo, além de ser utilizado no arração animal e como matéria-prima para diversos produtos industrializados (DORETTO, 1993; SAGRILLO et al., 2002).

Típica de regiões tropicais, a mandioca é utilizada "*in natura*", principalmente na alimentação humana e animal. Quando bem manejada, alcança excelente produtividade, podendo ser mais de trinta toneladas por hectare.

Segundo Lima (2001), em Santa Catarina a cultura é plantada em solos arenosos distróficos próximos à faixa litorânea. São terras consideradas de baixa fertilidade, limitando também a produtividade da matéria-prima. Sua cultura tem grande adaptabilidade aos diferentes ecossistemas (solos pobres, ácidos e tempos de seca) o que possibilita seu cultivo em todo o território nacional (KATO e SOUZA, 1987; LIMA, 2001). No entanto, as terras cultivadas no Paraná são de média a alta

fertilidade, o que contribui para alcançarem alta produtividade, podendo ser explicado pelo dinamismo das agroindústrias do setor. É, ainda, usada em indústrias de amido e farinha. A cultura da mandioca é considerada a mais importante fonte de carboidratos para as populações pobres de toda a América Latina e África.

A mandioca é considerada uma cultura sem maiores problemas, tanto no que se refere às exigências nutricionais e ataques de pragas, bem como, da condução da cultura durante seu ciclo. Além destes, outro ponto importante é a facilidade de extração do amido, não exigindo equipamentos tão sofisticados, se comparados aos cereais que os exigem, para separar o amido da proteína e lipídios.

Sua utilização é feita em duas opções, ou seja, o consumo culinário doméstico ou industrial (de mesa) e o uso industrial, pelo qual processa-se a farinha de mandioca e procede-se a extração da fécula e sua transformação em polvilho azedo (CEREDA, 2001), setor na qual predominam as micro e pequenas empresas. São agrupadas em grande número em microrregiões produtoras, contribuindo para a manutenção do homem no campo e ajudando no desenvolvimento de municípios através do pagamento de tributos.

A mandioca é uma planta tipicamente brasileira, estando presente na maioria dos países de clima tropical. Esta raiz tuberosa é a base alimentar da maioria da população pobre que vive nos trópicos. Vilpoux (1998), afirma que a mandioca garante a oferta de calorias para cerca de 10 % da população mundial, representando a quarta fonte geradora de calorias, ficando atrás, somente do arroz, do trigo e do milho.

### **1.1.3 Caracterização da Raiz da Mandioca.**

A raiz da mandioca apresenta uma série de vantagens, se comparada a outras fontes de amido. Entre elas pode ser citada a eliminação da etapa de maceração (hidratação), muito comum nos cereais. A mandioca, devido a seu alto teor de umidade, evita a reposição de água bem como etapas de purificação de componentes protéicos e lipídios, devido às baixas quantidades na sua composição (LAVINA, 1998).

A raiz da mandioca é composta basicamente de película parda, entrecasca e polpa. A composição básica é de, aproximadamente, 70 % de umidade, 15 % a

30 % de amido, 0,7 % de proteína, 0,4 % de fibra e 0,5 % de cinza. Contém de 30 a 40 % de matéria seca e é composta, na sua maioria, de carboidratos 121 kcal/100g, sendo rica em sais minerais, como cálcio, vitamina C e B, bem como acusa a presença de proteínas. É eminentemente calórica, gerando cerca de 1.500 cal/kg, a partir dos carboidratos (359 g/kg). Quanto aos minerais são mais altos os teores de fósforo e cálcio, ocorrendo ferro em quantidades muito baixas. Outra característica da raiz da mandioca é o teor de umidade, correspondendo a mais de 65% do peso total (CEREDA, 2001).

Como alimento humano é consumida assada, cozida, frita, como farinha integral e de mesa, além da possibilidade de aproveitamento na alimentação animal como fonte energética e na mistura com rações concentradas para nutrir aves, bovinos e suínos.

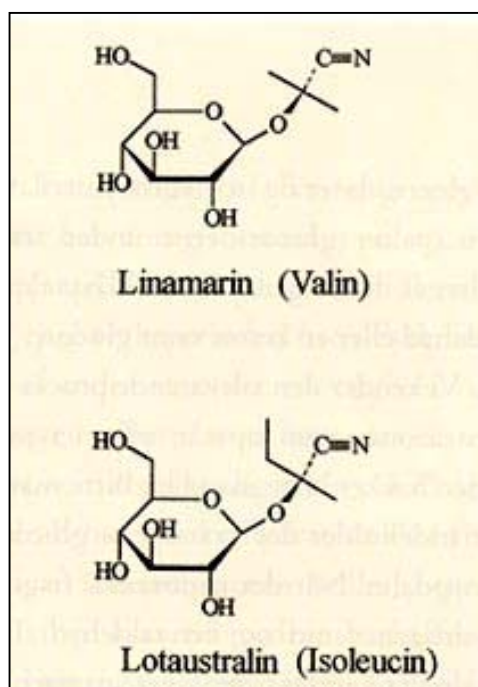
Dentre os componentes mais importantes da mandioca para fins industriais podem ser citados os carboidratos, sendo que o amido constitui quase a totalidade dos hidratos de carbono na matéria seca (85 a 87 % de teor de amido – base seca). Os outros componentes que representam a fração não amilácea são 3,10 %, dos quais 0,93 % é glicose, 0,43 % frutose e maltose, 1,7 % de sacarose e 0,01 % de rafinose. O teor de amido, embora variável, pode alcançar até 35% de matéria fresca. O teor de açúcares originários do amido pode aumentar caso ocorra fermentação (CEREDA, 2001).

A raiz da mandioca pode ser utilizada industrialmente para produção de farinha, fécula (polvilho doce ou azedo) e tapioca, sendo que na obtenção destes produtos são gerados alguns subprodutos, como resíduos sólidos e efluentes líquidos, sendo este último, a manipueira (extrato líquido das raízes da mandioca), mais problemático por possuir carga orgânica elevada e variável de acordo com o tipo de processo e ainda potencial tóxico devido à presença do glicosídeo cianogênico. Por este motivo as indústrias de mandioca são consideradas grandes poluidoras por aumentar o risco de impactos ambientais (CEREDA, 2001), principalmente por lançarem seus efluentes líquidos em corpos d'água.

#### **1.1.4 Toxidez da mandioca**

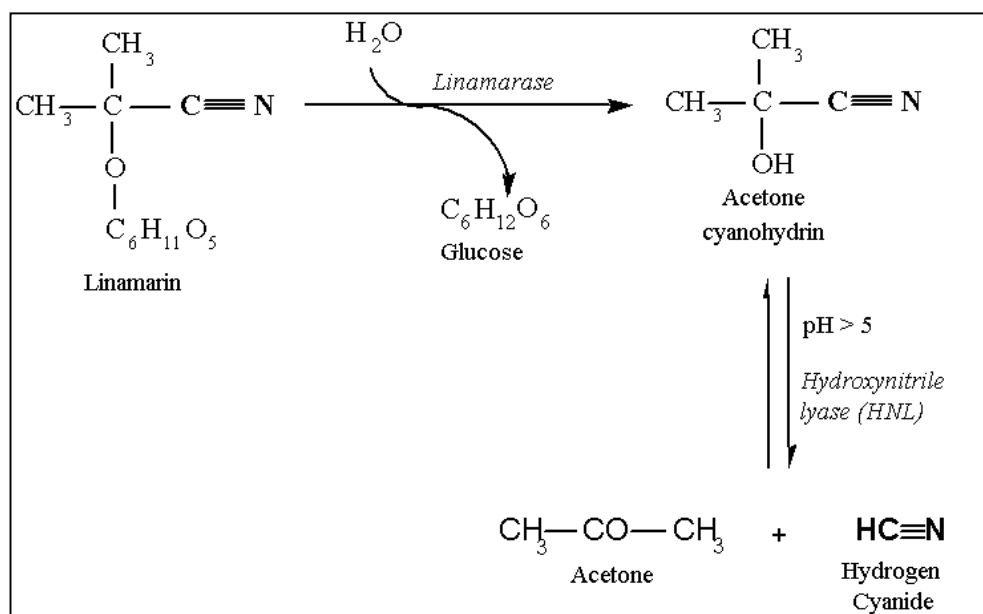
O grau de toxicidade da mandioca tem sido objeto de muitas discussões por ser um fator que limita sua utilização na alimentação humana e animal (PENTEADO e FLORES, 2001).

A mandioca é uma das poucas plantas em que o conteúdo de cianeto pode causar problemas de toxicidade podendo ser considerada uma planta cianogênica e, dependendo da variedade, pode ocasionar problemas de intoxicação e morte de animais (incluindo o homem). A toxidez é devido às presenças principalmente de dois glicosídeos cianogênicos, lotaustralina e linamarina (linamarina:  $\beta$  Glicosídeo de acetonacianidrina, lotaustralina:  $\beta$  Glicosídeo de etil-metil-cetona-cianidrina), **(Figura 2)**, estando presentes nas partes aéreas e subterrâneas da planta em concentrações diferenciadas, dependendo de fatores como idade da planta, variedade, condições ambientais como o solo, umidade e temperatura.



**Figura 2.** Glicosídeos cianogênicos: linamarina e lotaustralina

Em presença de enzimas e de ácidos, esse glucosídeos cianogênicos sofrem hidrólise originando o Ácido cianídrico – HCN (Cianogênese) **(Figura 3)**, em doses que podem ser desde inócuas até mortais, dependendo do tamanho corporal afetado (PENTEADO e FLORES, 2001).



**Figura 3.** Hidrólise enzimática na linamarina - cianogênese.

O (CN) produzido é um dos mais violentos venenos conhecidos, que, apesar de ser volátil, pode dissociar-se quando dissolvido em águas com pH igual ou maior que 8 formando HCN ou cianeto livre. Evidentemente, a toxidez do íon cianeto é muito maior do que do ácido cianídrico.

Nos cursos d'água naturais, o cianeto deteriora-se ou é decomposto por ação bacteriana, diminuindo as concentrações excessivas com o tempo. A degradação bioquímica de cianeto é pouco afetada em temperaturas situadas na faixa de 10 a 35 °C. Em temperaturas maiores ou menores que esses limites, a velocidade de decomposição é rapidamente aumentada (FIORETTO, 2001).

A maioria dos sintomas de intoxicação está associada com a afinidade do ácido cianídrico com os íons metálicos, como o ferro e o cobre. O radical -CN do ácido reage com o íon ferro da hemoglobina, produzindo a cianohemoglobina, fato que impossibilita o transporte de oxigênio no sangue (CEREDA, 2001; RODRIGUES e CAMPOS, 2001). Sabe-se que o principal mecanismo de desintoxicação de ácido cianídrico é a conversão deste produto a tiocianato, que é excretado na urina (RODRIGUES e CAMPOS, 2001).

Segundo Fioretto (1986), a presença dos glicocianetos na mandioca podem ser um mecanismo de defesa da planta contra ataque de insetos, ou mesmo para proteção da planta contra algum tipo de dano mecânico que a mesma venha sofrer. Quando a planta sofre algum tipo de lesão pode desencadear, através de enzimas, a liberação de ácido cianídrico (HCN), como tentativa de proteger a planta da ação

de microrganismo patogênicos; o HCN atua na cadeia de transporte de elétrons impedindo a passagem de oxigênio na célula, ou seja, a respiração celular. O mesmo inibe também a absorção de iodo pela glândula tireóide, causando o bócio

Cereda (1994), explica ser possível que determinados tipos de microrganismos, para não se intoxicarem, usam uma via alternativa em seus metabolismos, assimilando somente a glicose, e não o glicosídeo. O valor de pH do ambiente, entre outros fatores, é muito importante para que ocorra ou não intoxicação, uma vez que pode interferir na velocidade das reações do metabolismo de seres vivos (CEREDA, 2001). Muitos animais conseguem evitar a morte quando as reações são lentas, como ocorre no estômago de suínos monogástricos (pH 3). Porém, o mesmo não ocorre com poligástricos (pH 7).

Segundo Lima (2001) e Cereda (2001), a quantidade necessária para causar morte (dose letal), é obtida experimentalmente e expressa em mg/kg de peso vivo. Doses com valores que vão de 30 a 150 ppm de ácido cianídrico, em raízes de mandioca fresca, são suficientes para causar a morte em seres humanos.

Para efeito de intoxicação humana, considera-se como dose letal 1 mg HCN/kg de peso vivo. Entretanto a variação do teor de ácido cianídrico depende da variedade, clima, solo, idade da planta e práticas culturais (FIORETO, 1986).

A intoxicação aguda pelo cianeto causa parada respiratória, mas caso esta dose letal não seja alcançada, o cianeto é eliminado, pois não é cumulativo (OKE, 1969).

Por outro lado, microrganismos podem desenvolver-se em substrato contendo cianeto, por possuírem metabolismo anaeróbio, metabolismo alternativo à cadeia respiratória ou serem capazes de destoxicar o cianeto pela cisão do radical em carbono e nitrogênio, o que explicaria em parte o efeito de adubo dos despejos de água residual de processamento de mandioca (CEREDA, 2001).

#### **1.1.4.1 Ácido Cianídrico**

As variedades da mandioca são normalmente classificadas pelo conteúdo de cianeto na raiz, que é considerado a principal substância responsável pela toxicidade da mandioca. Os valores mais altos de cianeto são encontrados em folhas jovens, com valores em torno de 600 mg de cianetos/kg de matéria verde, sendo

que, na polpa descascada, encontram-se valores que vão de 20 a 50 mg/kg de HCN.

O ácido cianídrico é volátil e no processo de fabricação da farinha ou fécula ou durante a cocção do aipim é eliminado quase que totalmente (TERNES, 2002).

A variação do teor de ácido cianídrico está na dependência da variedade da mandioca, solo, clima, influência do meio ambiente, idade da planta e práticas culturais. No entanto, segundo o parecer técnico do I.A.C. (Instituto Agronômico de Campinas, 1989), as maiores variações dos teores de cianeto nas plantas são de ordem genética.

Existem no Brasil, mais de oitenta espécies de mandioca. Carvalho (1992), classifica as variedades de acordo com o teor cianogênico, e divide em duas grandes classes: a amarga ou brava (*muito tóxica*) com alto teor cianogênico (mais de 100 mg/kg de polpa crua) e a doce ou mansa (*atóxica, inócua*), também chamada de aipim ou macaxeira com baixa toxidez (menos de 50mg de HCN/kg, de polpa crua). Aquela com concentração de HCN de 50 a 100 mg/kg é classificada como *moderadamente tóxica*.

Atualmente, a classificação das variedades de mandioca referem-se aos valores adotados na inalação do ácido cianídrico em estado gasoso ou na ingestão do íon cianeto na forma de sal, como por exemplo, o cianeto de potássio (KCN). (CAGNON et al., 2002).

Fioretto (1986) cita que, na mandioca doce, a concentração de ácido cianídrico (HCN) é menor que 50 ppm, sendo, para mandioca amarga, maior que 50 ppm.

### **1.1.5 Industrialização da mandioca**

A industrialização da mandioca é uma importante alternativa para agregar valor a esta cultura tradicional.

Dados estimam que o número de subprodutos provenientes da extração da mandioca seja superior a cento e cinqüenta, sendo mais conhecidos os amidos modificados, a farinha, o polvilho azedo, o sagu e a fécula, este último largamente utilizado em áreas têxteis, papéis, indústrias químicas e frigoríficas (LIMA, 2001).

As raízes de mandioca também podem ser usadas como fonte de carboidrato na alimentação animal e como insumo em diversos ramos industriais



tais como o de alimentos embutidos, embalagens, cola, mineração e farmacêutico (SOUZA et al, 2004)

A Associação Brasileira de Amido de Mandioca (ABAM) – 1999 apud Lima (2001), estima que na Região Sul do País, 2,6 milhões de toneladas de mandioca sejam industrializadas, por cerca de cinqüenta fecularias de diferentes portes e produzindo duzentos e cinqüenta mil toneladas de fécula/ano.

O estado de Santa Catarina tem tradição no setor mandioqueiro e conta com um parque industrial bem estruturado, considerado um dos maiores do país: 600 indústrias de Farinha (capacidade nominal de 25 ton./dia), 21 fecularias (capacidade nominal de 242 ton./dia) e 41 indústrias de polvilho (capacidade nominal de 19 ton./dia) (MARCON, 2004).

A indústria de mandioca, no Brasil, tornou-se conhecida em função da obtenção de produtos amiláceos, tradicionalmente conhecidos como casa de farinha e fecularia. A primeira transforma a mandioca em farinha, tendo como subproduto, o amido. São conhecidas, popularmente, como farinheiras. A segunda é conhecida pelo nome de fecularia, uma vez que extrai da mandioca, a fécula.

As empresas especializadas na produção de fécula estão distribuídas principalmente nos estados de Mato Grosso do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. Seus tamanhos podem variar desde unidades fabris de pequeno e médio porte, até grandes agroindústrias. No entanto, Vilpoux et al. (1996) asseguram que, ao contrário das grandes fecularias, as indústrias de polvilho são compostas por micros e pequenas empresas, especialistas na produção e comercialização de polvilho azedo com produção destacada nos Estados do Paraná, Minas Gerais e Santa Catarina.

O porte das empresas deste setor está relacionado com o tipo, qualidade e quantidade de produto obtido bem como do produto fabricado e do resíduo gerado no processo. Segundo Cereda e Cataneo (1986), as indústrias de processamento da mandioca apresentam variações quanto ao porte e tecnologia utilizada, estando divididas em três grupos distintos:

✓ Pequenas indústrias artesanais: mão-de-obra familiar e tecnologia artesanal, produzem farinha e polvilho azedo em um volume de 5 ton/dia. Apresentam 35 % do total das unidades fabris do setor mandioqueiro, além de não contribuírem com arrecadação de impostos, ignoram o volume de resíduos e efluentes, assim como a sua disposição, sendo muitas vezes, jogados diretamente ao meio ambiente, representando risco de impacto ambiental.

✓ Pequeno e médio porte: mão-de-obra contratada, uso de equipamentos simples; produzem farinha, polvilho doce e azedo, raspas e farinha de raspas, em um volume de 10 a 40 ton/dia. Os aspectos mais graves neste tipo de indústria são a geração de efluentes e resíduos sem destinação ou tratamento correto, na maioria dos casos, sendo lançados nos corpos d'águas causando poluição.

✓ Grande porte: mão-de-obra especializada, uso de equipamentos sofisticados e geralmente trabalham com um único produto – a fécula, com alta produtividade. São em torno de 5 % do total das empresas produtoras de fécula. Neste tipo de empresa, os resíduos e efluentes são tratados ou comercializados como subprodutos.

#### **1.1.5.1 Sazonalidade da produção**

O período de industrialização da mandioca se inicia no mês de maio, podendo se prolongar até o início de agosto; contudo, o pico máximo de processamento da mandioca ocorre nos meses de junho e julho. No início e final da safra o ritmo é sempre lento, ou seja, há pouca mandioca processada. Esta dinâmica de funcionamento é comum em todas as empresas do setor.

As indústrias utilizam os demais meses do ano exclusivamente para atividades de secagem e comercialização do polvilho. Observa-se a existência de um período prolongado de ociosidade de produção das indústrias, isto é, menos de 60 % do tempo é ocupado com o processo de produção de polvilho (LAVINA, 1998).

Um grande problema para sua industrialização é justamente a sazonalidade. Nos meses de abril a agosto, na região sul, as raízes apresentam-se maduras com o máximo de reservas de amido e ótimas para a industrialização. Durante os meses de setembro a dezembro, a mandioca encontra-se no período de desenvolvimento vegetativo, onde parte do amido é consumido na brotação, reduzindo a produção em 50 % (CABRAL JÚNIOR, 1971).

O tempo ocioso é justificado pelo fato do baixo rendimento industrial, devido ao fato de que a mandioca, se utilizada fora da época de colheita, gera um produto de qualidade inferior, com baixo teor de amido.

### **1.1.6 Aspectos sócio-econômicos da mandioca e a situação nacional**

Na última década a América Latina perdeu posição na produção mundial de mandioca. Até então, ocupava a segunda posição e, atualmente ocupa a terceira posição com uma participação de menos de 20 % da produção mundial, cabendo ao Brasil a maior parcela dentro da região (72,7 % em 2000) (CARDOSO e SOUZA, 2002). Em conjunto com o Brasil os países Paraguai, Colômbia, Peru e Bolívia responderam por quase 95 % da produção latino-americana no ano de 2000 (FAO - Food And Agriculture Organization, 2000).

A produção nacional desta cultura, na safra de 2001, foi estimada em 24,3 milhões de toneladas com rendimento médio de 13,8 toneladas de raiz por hectare. Na distribuição da produção pelas diferentes regiões fisiográficas Brasileiras (safra 2001), a região Nordeste se destaca com uma participação de 33,23 % da produção, porém com rendimento médio de 10,8 t/ha. Nas demais regiões, as participações na produção nacional são: Norte (24,25 %), Sul (26,29 %), Sudeste (9,38 %) e Centro-Oeste (6,41 %) (CARDOSO e SOUZA, 2002).

A cultura da mandioca desempenha importante papel sócio-econômico nos países em desenvolvimento, tanto como fonte de energia para alimentação humana e animal, quanto como geradora de emprego e renda, notadamente nas áreas pobres da região Nordeste (CARDOSO e SOUZA, 2002).

Segundo a FAO (2000), cerca de 60 % da população africana se alimenta à base dos produtos da mandioca (GROXCO, 1999). É considerada uma das fontes alimentícias mais ricas em calorias.

A mandioca fornece um aporte calórico de 200 a 1000 calorias diárias para as populações de baixa renda nos países em desenvolvimento (KATO e SOUZA, 1987).

Ocupa o quarto lugar na lista dos alimentos mais colhidos nos países em desenvolvimento, depois do arroz, trigo e milho.

No Brasil, as indústrias de mandioca tornaram-se conhecidas em função da obtenção de produtos amiláceos. As Casas de Farinha transformam a mandioca em farinha e as Fecularias extraem da mandioca a fécula ou o amido.

A importância da mandioca na alimentação humana e animal, como também na produção de inúmeros produtos industriais, tais como, polvilho doce e azedo para confecção de pães de queijo, biscoitos, massas alimentícias e panificáveis (macarrão, pão, bolachas e bolos), indústrias de carne e embutidos (presunto,

salame e mortadela), na indústria de papel, têxteis, adesivos, tintas, cosméticos, medicamentos, explosivos, xaropes de glicose, produtos de cervejarias, bebidas fermentadas, indústrias petrolíferas (CARDOSO, 1996), produção de álcool e aroma de frutas (DAMASCENO, 2003).

Outro produto da mandioca, típico do Brasil, é o polvilho azedo, muito utilizado na culinária, indústria de alimentos e como matéria-prima insubstituível na confecção de biscoitos de polvilho e pães de queijo.

Apesar da existência de padrões regulamentados pelos órgãos nacionais e estaduais responsáveis pela qualidade de alimentos, não se encontra regularidade entre os mesmos produtos obtidos, mesmo em uma única unidade industrial. Este fato dificulta a definição de padrões para mercados mais exigentes dentro e fora do país. Como consequência, existe uma grande instabilidade no setor, com o mercado restrito, por falta de investimentos em qualidade e em melhoria dos processos.

O mercado catarinense de farinha de mandioca vem, de forma crescente, absorvendo farinhas dos estados vizinhos e reduzindo o consumo de farinhas de Santa Catarina (YARI, 1999).

A cultura da mandioca no Estado de Santa Catarina está sujeita a oscilações de preço. Quando os estados do Nordeste produzem mandioca, a matéria-prima no Estado atinge preços muito baixos e, na safra seguinte costuma ocorrer queda na produção por preços desaquecidos. Este fato resulta em um processo de desvalorização em cadeia. Apesar disso, muitos agricultores e processadores são fiéis à produção dos tradicionais derivados da mandioca: farinha de mesa, polvilho doce e polvilho azedo.

## **1.2 Fécula**

Fécula é uma substância amilácea extraída das raízes da mandioca por processos industriais. É um carboidrato complexo, que dá origem a uma grande variedade de derivados, utilizados com diferentes usos (VILPOUX et al., 1996).

Fécula e amido são sinônimos. Entretanto, a legislação Brasileira chama de amido a fração amilácea encontrada nos órgãos aéreos, tais como grãos e frutos, e fécula, à encontrada nas raízes e tubérculos. A diferença de denominação indica uma diferença não de composição química, mas sim de origem do produto amiláceo, além de uma forte diferenciação funcional e tecnológica.

O processo de transformação da mandioca em fécula pode ser variável, dependendo muito do porte da empresa e da tecnologia em uso. Pode ser realizado em escala artesanal ou semi-industrial.

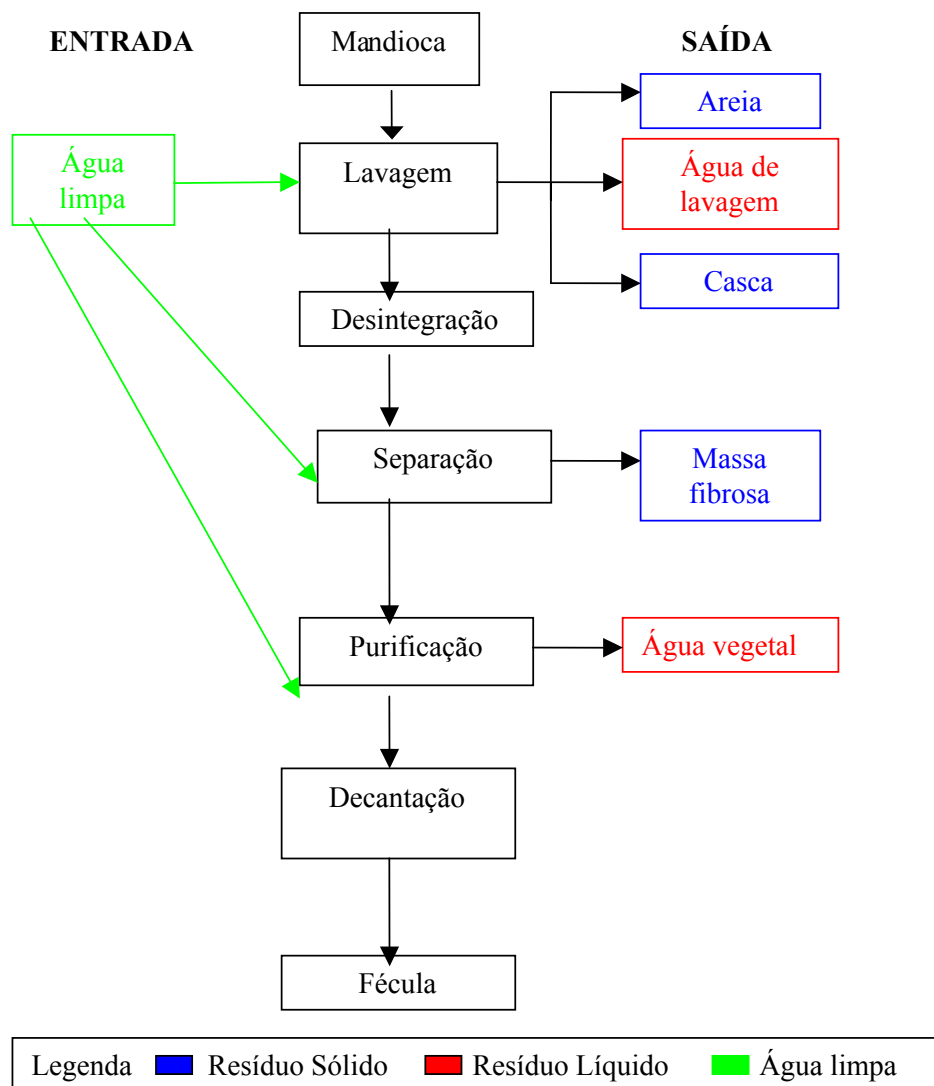
O processo é o mesmo para todas as escalas de produção, variando-se apenas o tipo de equipamento utilizado. As etapas do processo consistem na lavagem das raízes, descascamento, ralação, adição de água, extração do amido da massa por agitação manual ou mecânica, separação da massa do leite de fécula (água mais amido) por filtragem, separação da água do amido por decantação ou centrifugação, secagem até umidade de 14 % e acondicionamento em embalagens (MATTOS et al., 2002).

A partir da fécula podem ser fabricados diversos produtos, como o polvilho azedo, a tapioca, o sagu (bolinhas de fécula), dentre outros.

### 1.2.1 Polvilho

O termo polvilho é sinônimo de fécula de mandioca e pode ser classificado em polvilho doce e polvilho azedo. Na legislação vigente, o único fator de diferenciação é a acidez.

✓ **Polvilho Doce:** Também chamado de fécula, apresenta as seguintes etapas no processo de produção: recebimento das raízes, lavagem, descascamento, ralação e moagem, extração, refino (separação das impurezas/purificação), centrifugação (concentração), decantação e secagem. A massa fibrosa originada no processo é eliminada e, a fécula é arrastada pela água e separada desta por decantação em planos inclinados, ou por centrifugação (**Figura 4**).

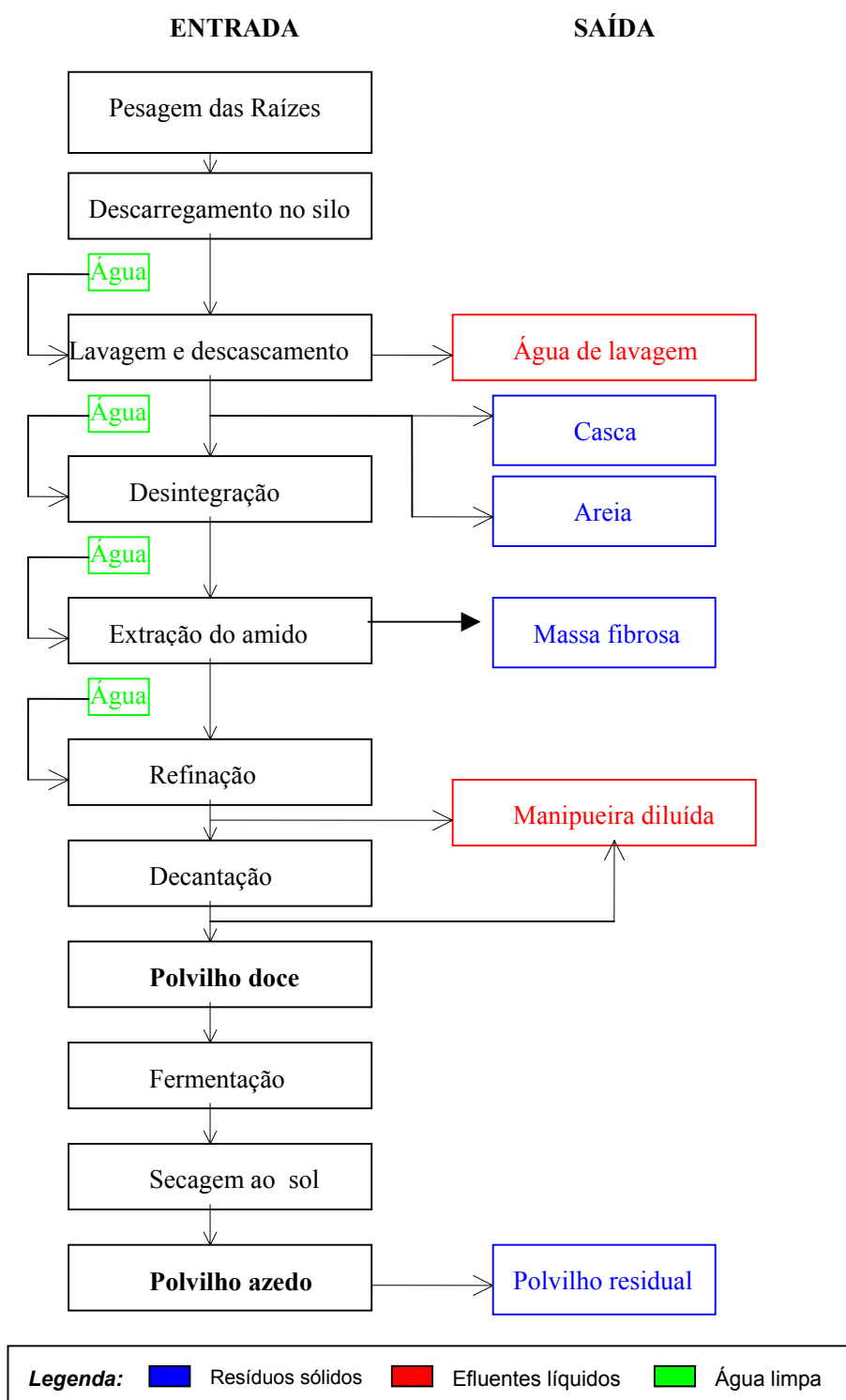


**Figura 4:** Fluxograma das etapas de produção da fécula de mandioca (LIMA, 2001).

✓ **Polvilho Azedo:** É o produto fermentado a partir da fécula e envolve mais duas etapas de produção: a fermentação biológica (mínimo 60 dias) e a secagem ao sol realizada em jirau de bambu (**Figura 5**).

A principal propriedade do polvilho azedo é a expansão, enquanto que o polvilho doce expande menos. Na origem da expansão está a reação de ácidos

orgânicos produzidos por microrganismos, durante a extração, sedimentação e fermentação, submetidos à radiação.



**Figura 5:** Fluxograma do processo de industrialização de polvilho azedo (Modificado de LIMA, 2001).

Esse tipo de sistema é mais comum em indústrias de pequeno porte especializadas na produção de polvilho azedo, mas também pode ser encontrado em indústria de pequeno e médio porte especializadas na produção de fécula (Polvilho doce).

### **1.3 Caracterização dos resíduos e efluentes gerados no processo de Industrialização da mandioca**

Considerando-se os principais tipos de processamento de raízes de mandioca no Brasil como a fabricação de farinha de mandioca e a extração de fécula, os resíduos gerados podem ser sólidos ou líquidos (CEREDA, 1994).

#### **1.3.1 Resíduos**

Os resíduos do processamento da mandioca têm sido relacionados com graves problemas de contaminação ambiental (CEREDA, 2001). É indiscutível a necessidade do controle de poluentes industriais, independentemente do porte da empresa envolvida.

Os resíduos da mandioca são partes constituintes da própria planta, gerados em função do processo tecnológico adotado. São considerados resíduos, inclusive, os restos de uma cultura.

##### **1.3.1.1 Resíduos sólidos**

Alguns dos resíduos sólidos gerados no processo de industrialização da mandioca são:

- ✓ **Terra:** Material que acompanha as raízes do campo até a agroindústria. Geralmente, junto a terra, são encontrados pedras e restos vegetais, sendo desejável sua eliminação, pelo fato de causar danos aos equipamentos.
- ✓ **Casca:** Gerada na operação de lavagem-descascamento, é um tipo de material constituído de uma película fina cerosa, de cor marrom. A casca pode conter pedaços da entrecasca. Neste tipo de material, pode ser encontrada



quantidade significativa de amido.

✓ **Massa fibrosa (farelo ou bagaço):** Material gerado na etapa de separação do amido pelo processo de lavagem. Este resíduo sólido é composto pelo material fibroso da raiz, contendo parte do amido que não foi extraído no processamento, sendo impossível sua extração total por processos físicos.

Os resíduos sólidos muitas vezes são carregados para corpos d'água. É importante salientar que, dependendo da tecnologia empregada, a casca e a massa fibrosa podem conter uma quantidade considerável de amido residual. Do ponto de vista ambiental pode representar sério risco de impacto, pois além de contaminarem o meio ambiente representam também desperdício industrial, observando-se que a possibilidade de aproveitamento dos resíduos com políticas de gerenciamento nas empresas está muito distante. Existe um potencial pouco explorado economicamente.

Os resíduos da industrialização da mandioca podem ser aproveitados das mais diferentes formas: na alimentação animal de bovinos, suínos e aves; para a produção de proteína microbiana, fibras dietéticas e bio-produtos fermentados, como substrato microbiano; na produção de vitaminas, verme-compostagem, fertilizantes, biofertilizante, inseticidas, herbicidas e fertirrigação (NORMANHA, 1982).

A falta de consciência da preservação ambiental e a necessidade de mudança de padrões tecnológicos de processo remetem a discussão para um novo paradigma, de que o processamento seja feito sem prejuízo da natureza. Além do mais, a legislação ambiental deve agir com maior rigor, cobrando do contribuinte em relação aos ativos e mudança de atitudes. Existe, portanto, a necessidade de desenvolvimento de tecnologias voltadas ao uso racional de todos os resíduos do processamento da mandioca (CEREDA, 2001).

### **1.3.2 Efluentes**

São considerados despejos líquidos industriais, a manipeira diluída, originada nas indústrias de extração de fécula de mandioca e fabricação de fécula fermentada: água de lavagem das raízes e água vegetal ou residual da prensagem da massa ralada na fabricação de farinha. Os volumes gerados, em média, são aproximadamente de 2,62 m<sup>3</sup>/t de raízes para água de lavagem e 3,68 m<sup>3</sup>/t de raízes água de extração de fécula (CEREDA, 2001).

✓ **Água de lavagem das raízes:** É gerada no lavador – descascador e carrega consigo baixa concentração de matéria orgânica e volume considerável de material em suspensão, geralmente terra e casca, que podem ser separados por decantação e peneiragens. Uma vez separados os sólidos suspensos, constitui-se basicamente da água captada pela indústria, contendo ainda em suspensão ou dissolução, baixo teor de matéria orgânica originária das raízes e carregada pela água devido a maceração ou quebra.

✓ **Água vegetal, água de extração de fécula ou manipueira<sup>1</sup>:** Efluente composto pela união da água de constituição das raízes (água intracelular), mais a água limpa usada na separação do amido da massa fibrosa (água de extração da fécula). Constitui, pois, uma diluição da água de constituição da raiz, denominada tecnicamente de manipueira.

Os efluentes líquidos, na maioria das empresas, não recebem nenhum tipo de tratamento antes de serem lançados em corpos d'água, salvo em alguns casos que o mesmo passa por processo de tratamento em lagoas de estabilização.

A água residual pode apresentar-se com variadas concentrações, dependendo da forma de processamento das raízes (ANRAIN, 1983; TAKAHASHI, 1987). O potencial poluente de um efluente pode ser avaliado através de alguns parâmetros, avaliados pela carga orgânica medida através da DQO (Demanda Química de Oxigênio), que corresponde à quantidade de oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica e a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), que consiste na quantidade de oxigênio requerida pela unidade de volume de um resíduo, para estabilização biológica da matéria orgânica biodegradável, através de organismos vivos ou de suas enzimas e é expressa em miligramas de oxigênio consumido por litro de água residuária.

Cereda (2001) aponta que, dentre as atividades causadoras de degradação ambiental, as fecularias destacam-se como unidades geradoras de efluente capaz de provocar impactos ao meio ambiente, podendo causar graves danos à fauna e à flora dos corpos d'água, onde são inadequadamente lançados.

Os efluentes líquidos industriais, como água de lavagem e a água vegetal, são extremamente poluentes ao ecossistema aquático.

---

<sup>1</sup> **Água de extração da fécula:** mais diluída, apresenta maior volume em relação ao mesmo resíduo originário de farinhas, porém cargas orgânicas mais baixas. A umidade é muito alta, em torno de 95% e a demanda química de oxigênio fica ao redor de 6.000 mg O<sub>2</sub>/litro.

Os efluentes gerados são ricos em nutrientes, considerando-se, portanto, a presença destes nutrientes interessantes para o aumento da fertilidade do solo, ao contrario das águas que o aportam, pois representam preocupação ambiental devido a sua relação com o processo de eutrofização que incrementam os SST (Sólidos Sedimentáveis Totais) e a DBO do efluente, desenvolvendo microrganismos anaeróbios facultativos, que consomem oxigênio aquático e que potencializam a destruição da vida aeróbia, incluindo peixes e vegetais.

Para que se possa proteger o meio ambiente do despejo indiscriminado de resíduos, há necessidade de valorizar esses despejos, aplicando-se tecnologias de manejo, de tratamento e, sobretudo, do estabelecimento de múltiplos e novos usos.

Conhecer as características deste efluente, bem como as quantidades produzidas e sua sazonalidade são de fundamental importância para avaliar e determinar com segurança a forma de reutilização do mesmo para que as metas propostas sejam alcançadas.

A disposição ao solo, quando não provocar problemas de contaminação das águas subterrâneas ou do próprio solo é, sem dúvida, a solução mais interessante, pois atua como irrigação do solo ou como fertilizante (fertirrigação), desde que respeitadas as taxas de aplicação adequadas para o tipo de terreno e cultura.

### **1.3.2.1 Manipueira**

Manipueira, nome indígena brasileiro designativo do extrato líquido das raízes de mandioca, é um subproduto da fabricação da farinha de mandioca, que até então, era praticamente desprezado sem qualquer aproveitamento econômico (PONTE, 1992).

A palavra manipueira consta de dicionários e caracteriza a água de constituição da raiz, extraída na prensagem da massa ralada, na fabricação de farinha. Na extração da fécula, a água usada dilui a manipueira, diminuindo sua carga orgânica e o teor de cianeto, mas aumentando enormemente o volume. Este efluente, apesar de apresentar alto teor de potássio, carrega consigo grande quantidade de sedimentos nocivos ao meio ambiente, a maioria dos solúveis, incluindo a linamarina, responsável pela liberação do cianeto da mandioca. Apesar de diluída, a manipueira apresenta elevada carga orgânica ao qual deve-se à solubilização parcial da fécula residual por enzimas endógenas ou originárias de microrganismos (CEREDA, 1994).

A manipueira caracteriza-se como um extrato líquido, com aspecto leitoso, contendo de 5 a 7 % de fécula, glicose, ácido cianídrico, bem como outras substâncias orgânicas (carboidratos, proteínas e lipídeos) e nutrientes minerais (FIORETTO, 2001). A Tabela 1 ilustra a composição química média da manipueira.

**Tabela 1** Composição química da manipueira (média entre 20 amostras analisadas).

<b>Componente</b>	<b>Quantidade (ppm)</b>
Nitrogênio	425,5
Fósforo	259,5
Potássio	1853,5
Cálcio	227,5
Magnésio	405,0
Enxofre	195
Ferro	15,3
Zinco	4,2
Cobre	11,5
Manganês	3,7
Boro	5,0
Cianeto livre	42,5
Cianeto total	604,0 <sup>(*)</sup>

(\*) 55 mgL<sup>-1</sup>, em média.

Fonte: Ponte (1992)

A composição química da manipueira sustenta a potencialidade do composto como adubo, haja vista a sua riqueza em potássio, nitrogênio, magnésio, fósforo, cálcio e enxofre, além de ferro e micronutrientes em geral. A presença de cianetos poderá ser uma explicação aos efeitos nematocida e inseticida inerentes a manipueira (PANTAROTO e CEREDA, 2001).

Objetivando o descarte racional dos resíduos e efluentes originados no processamento da mandioca, bem como a descoberta de adubos e defensivos agrícolas não convencionais, a partir de extratos ou derivados vegetais, destaca-se

a manipueira, que pode ser utilizada como nematicida, inseticida ou adubo orgânico (PONTE, 1992).

A manipueira (subproduto líquido constituído pela água de extração de fécula de mandioca diluída com água de processamento da mesma) é um efluente que pode ser usado como fertilizante, de forma a aproveitar e reciclar nutrientes no solo, evitando-se assim os despejos nos cursos d'água (FIORETTO, 2001).

A utilização da manipueira para fertirrigação é uma alternativa interessante para o reaproveitamento agrícola, pela possibilidade de transformar um resíduo problemático em um insumo orgânico para cultivar espécies comestíveis ou não, pela economia na composição de solução fertilizante e pela redução de impactos ambientais. Há vários procedimentos que podem ser usados para eliminar o grau poluidor deste efluente, o uso em fertirrigação (FIORETO, 1994), como defensivo agrícola (PONTE, 1992) e como adubo foliar (PONTE et al, 1997).

Fowler et al. (1997) citam o exemplo de indústrias do Paraná, em utilizarem o método de disposição das águas residuais no solo (fertirrigação) para fins agrícolas, em pastagens e na cultura da mandioca.

Ponte e colaboradores (1988) testaram a manipueira no controle de Cochonilha *C. Hesperidum* obtendo resultado eficaz em seu controle.

Franco e Ponte (1988), observaram que plantas de milho, cultivadas em solo adubado com manipueira, apresentavam, em confronto com milho semeado em solo não tratado, crescimento, peso verde e produção significativamente superiores.

Fioretto (1987) aplicou doses de 50 m<sup>3</sup>/ha de manipueira em cultura de milho durante o plantio, obtendo bons resultados.

De acordo com Ponte (1992), estudos realizados pelo setor de Fitopatologia da Universidade Federal do Ceará, mostraram que tal resíduo foi avaliado como nematicida e, posteriormente, como inseticida, o que revelou eficiência extraordinária e notável economicidade, com grande vantagem de não possuir a alta toxidez dos produtos do mercado.

Entre os possíveis usos que estão sendo investigados para a manipueira encontra-se a produção de biogás, ácido cítrico, inseticida orgânico e fertirrigação. O objetivo primordial é a desintoxicação da manipueira para que haja sua reintegração ao meio ambiente em quantidades equivalentes às produzidas no processamento, como forma de utilizá-la potencialmente, em atividade de fertirrigação (PANTAROTO e CEREDA, 2001).

Com respeito à fertilidade do solo, estudos indicam que a manipueira presta-se como fertilizante, aumentando substancialmente, os níveis de macronutrientes do solo, especialmente potássio, nitrogênio e magnésio. Assim, além de nematicida, há a vantagem de ser um ótimo adubo orgânico.

#### **1.4 Tratamento dos efluentes gerados no processo de Industrialização da mandioca**

A maioria das indústrias de processamento de mandioca, utilizam como única forma de tratamento, a degradação natural, que consiste no confinamento do efluente sobre ação natural dos seguintes fatores: volatilização do HCN, hidrólise de CN (cianeto) livre e complexado, fotodecomposição (UV), precipitação de compostos insolúveis e ação microbiana local, constituindo em um processo relativamente lento, ao qual acarreta na retenção deste efluente nestes locais por longos períodos de tempo (PANTAROTO e CEREDA, 2001).

A literatura mundial relata inúmeros processos de tratamento e/ou aproveitamento de resíduos orgânicos, tendo um destaque maior os processos biológicos, sejam eles aeróbios (lodo ativado, lagoas de estabilização aeróbia, etc) ou anaeróbios (biodigestores, lagoas de estabilização anaeróbia, etc). Também são utilizados alguns processos físicos e químicos, podendo destacar a sedimentação, flotação, filtração, coagulação, entre outros (FERNANDES JÚNIOR, 2001).

Entre os tratamentos dos efluentes gerados a partir do processamento da raiz da mandioca, destacam-se os citados por Takahashi (1987).

##### **1.4.1 Tanques de decantação e infiltração**

É um método muito utilizado, principalmente pelo reduzido investimento de sua implantação e manutenção, porém de efeito muitas vezes duvidoso. A infiltração do resíduo poderá estar contaminando o lençol freático, ou afetando o solo, dependendo da localização dos tanques. A infiltração poderá ser melhorada utilizando-se camadas de areia, carvão e brita, funcionando como elemento filtrante. Muitas vezes, devido à impermeabilização do solo dos tanques, a evaporação natural do resíduo é o único tratamento.

Os fatores limitantes deste processo são, portanto, a baixa eficiência e a área ocupada pelos tanques que, dependendo do porte da indústria, assumem

grandes dimensões. Nas indústrias de polvilho, devido à grande quantidade de água utilizada na extração do amido, a água residual tem seu volume muito ampliado, e, com isso a utilização deste processo torna-se dificultosa.

#### **1.4.2 Tanques com aeração forçada e lagoas de estabilização**

No tratamento aeróbio, com a hidrólise da linamarina, é possível que o ácido cianídrico seja parcialmente eliminado, quando são empregados em conjunto aeração e lagoas de estabilização.

Existem, contudo, alguns inconvenientes como baixa eficiência na redução da DBO e a exigência de grandes áreas para o estabelecimento de lagoas de estabilização (BRANCO e HESS, 1975).

Mesmo após a estabilização, boa parte do amido permanece em suspensão. Porém, quando o resíduo sofre aeração direta e intensa, com adição de  $\text{PO}_4^{3-}$ , a redução de DQO pode atingir de 98 a 99 % (BRANCO, 1979). O autor cita ainda, que o tempo para remoção de 55 a 60 % da DQO foi de 24 horas e a eficiência na remoção do cianeto foi alta, após 20 dias de aeração forçada.

Em Santa Catarina, a localização de muitas fecularias não permite a utilização de grandes áreas para o tratamento, dificultando a opção por processos simplificados, como sistema de lagoas de estabilização. O processo aeróbio requer grande gasto energético, sendo conseqüentemente de alto custo. Além disso, a eficiência não é muito elevada, pois é difícil a eliminação do amido em suspensão.

A adoção do sistema de tratamento aeróbio por pequenas unidades de processamento é praticamente inviável, principalmente pelo alto custo de implantação e manutenção.

#### **1.4.3 Tratamento anaeróbio (biodigestores)**

O processo anaeróbico apresenta algumas vantagens, com relação aos outros tipos de tratamento: Baixa exigência em aplicação de energia; promove a estabilização do material orgânico, às custas do metabolismo microbiano, levando a uma diminuição do potencial poluidor, facilitando com isso a sua disposição final; 80 a 90 % de energia contida na matéria orgânica estará nos metabólitos finais que compõem o biogás (metano); utilização do efluente como biofertilizante e reduzida produção de lodo.

Motta (1986) comprovou a possibilidade do tratamento da manipueira por digestão anaeróbia com produção de biogás. Takahashi e Cereda (1986) obtiveram em tratamento anaeróbio, utilizando manipueira, valores de redução da DQO de até 89 %.

O biodigestor de leito fixo consta basicamente de um tanque fechado, recheado no seu interior com material inerte, que pode ser brita, onde o líquido residual assume uma direção ascendente. As bactérias que degradam a matéria orgânica e produzem biogás permanecem aderidas ao recheio, proporcionando curtos períodos de retenção, permitindo que o biodigestor seja de porte reduzido.

Este tipo de tratamento proporciona retornos na forma de energia renovável, ou seja, biogás e biofertilizante.

No caso da fabricação da farinha de mandioca, o gás poderá ser utilizados nos fornos, diminuindo o custo de processamento e racionalizando o aquecimento.

Todo sistema de tratamento implica em investimentos, podendo não representar rápidos retornos financeiros para o produtor. Porém, a longo prazo, diminui a agressão ao meio ambiente e possibilita retornos financeiros.

### **1.5 Riscos de impactos ambientais**

Para as atividades agroindustriais do setor mandioqueiro, Hess (1962) e Júnior (1994) afirmam que os resíduos sólidos são menos problemáticos que os efluentes líquidos. A questão maior reside na água vegetal, principalmente pelo fato do material orgânico estar dissolvido, formando uma suspensão coloidal. Acrescida a esse fator, a presença do ácido cianídrico dificulta os tratamentos convencionais.

Os despejos das indústrias feculeiras trazem preocupações porque a carga poluidora representa risco de impacto para o meio ambiente. O mesmo autor cita as indústrias do Paraná, como exemplo, os quais geram uma carga de 50 toneladas de DBO por dia, equivalendo a um milhão de pessoas, podendo representar sérios riscos à fauna, à flora, às águas de superfície e ao lençol freático (GABARDO et al., 1981).

Amante (1997) destaca que a indústria de fécula de mandioca tem contribuído para aumentar o risco de impacto ambiental no Sul do Estado de Santa Catarina, sendo preocupantes os resíduos sólidos e líquidos por conterem carboidratos, açúcares solúveis, celulose, cianetos, amido e produtos da decomposição destes. Sobretudo, contribuem para com elevada carga de dejetos



no meio ambiente. A mesma autora alerta para a elevada carga poluidora: a cada tonelada de mandioca transformada são liberados aproximadamente 4 m<sup>3</sup> de efluentes e 70 Kg de resíduos sólidos (peso seco).

Outro fator que pode potencializar a geração de resíduo, é a forma com que as empresas estão agrupadas, sendo comum, no setor de polvilho, várias empresas se agruparem numa mesma região. Um exemplo prático é o setor de polvilho azedo no Extremo Sul de Santa Catarina: são vinte e seis empresas, numa proximidade que não ultrapassa 20 km de uma para outra.

Os problemas da poluição provocados pelas agroindústrias de polvilho, nas bacias hidrográficas, são semelhantes aos colocados pelo excesso de adubo usado na agricultura. Alguns autores argumentam que o envelhecimento dos ecossistemas ocorre pela adição artificial de resíduo rico em nutrientes. A medida em que ocorre o aumento da concentração de nutrientes (nitrogênio e fósforo), aparece o fenômeno de eutrofização.

A presença de grande quantidade de nitrogênio e fósforo leva ao aparecimento de muitas algas. A medida em que esse material vai se depositando no fundo dos corpos d'água, aumenta também a população de microrganismos que consomem todo o oxigênio da água, resultando em grande mortandade de peixes. Surgem, no ambiente, microrganismos anaeróbicos que geram ácido sulfídrico, produzindo odores desagradáveis.

Uma maneira de se evitar e/ou reduzir o efeito negativo destes efluentes ao ambiente seria a reutilização dos mesmos, como por exemplo, a utilização na agricultura sob a forma de fertilizante no cultivo de espécies.

Neste sentido, este trabalho pretende dar uma contribuição no desenvolvimento de processos que possibilitem a redução de impacto ambiental. Mais ainda, sugerir o uso dos efluentes como biofertilizante, considerando sua potencialidade em nutrientes, alto teor de matéria orgânica, fósforo e potássio no solo.

## II OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral:

Avaliar o uso de manipueira diluída como biofertilizante no cultivo de milho e seu efeito no solo, nas águas subterrâneas e na produtividade do milho.

### 2.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Caracterizar o efluente (manipueira) com relação às propriedades físico-química: pH, cianeto, DBO, DQO, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Sólido sedimentáveis e Sólidos Totais;
- ✓ Caracterizar o solo com relação às propriedades: textura, pH, índice SMP, fósforo, potássio, matéria orgânica, CTC entre outros.
- ✓ Determinar os parâmetros físico-químicos (pH, DBO, DQO, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Sólidos Sedimentáveis e Sólidos Totais,) das águas do lençol freático na área fertirrigada e na área testemunha;
- ✓ Avaliar a fertilidade do solo e produtividade do milho comparando a produtividade de grãos e massa da parte aérea do milho cultivado em solo fertirrigado (Área Piloto) em relação ao milho cultivado em solo não fertirrigado (Área Testemunha);
- ✓ Apontar alternativa para utilização de manipueira pela disposição ao solo como biofertilizante pelo processo de fertirrigação.

### III MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido no município de Santa Rosa do Sul, extremo Sul de Santa Catarina. A área de estudo foi dividida em: (i) Área Piloto (Fertirrigada), (ii) Área Testemunha (Adubada) e (iii) Área Testemunha Absoluta.

##### 3.1.1 Área Piloto

A Área Piloto deste estudo compreende uma área de 1,5 hectares, da Fecularia Ouro Branco, localizada no bairro São Cristóvão, município de Santa Rosa do Sul/SC (**Figura 6**).



**Figura 6:** Área Piloto da Fecularia Ouro Branco. Santa Rosa do Sul/SC.

Santa Rosa do Sul apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 29° 08'10" S de latitude sul e 49°42' 00" O de longitude oeste de Greenwich. Santa Rosa do Sul limita-se ao Norte/Nordeste e Leste com o município de Sombrio, a

Sudeste com Balneário Gaivota, ao Sul e Sudoeste com São João do Sul, a Oeste com Praia Grande e a Noroeste com Jacinto Machado.

O solo é predominantemente arenoso e ácido. São solos deficientes e requerem, para aproveitamento da agricultura, de calagem adequada. O clima classifica-se como subtropical, mesotérmico úmido, com verões quentes, apesar dos ventos fortes vindos do norte. É seco no verão alcançando a temperatura de 35 °C, com predominância de chuvas e trovoadas. O inverno é úmido e os constantes ventos vindos do sul, baixam a temperatura causando geadas em alguns lugares. A temperatura média anual é de 18 °C. A precipitação pluviométrica situa-se em torno de 1.400 mm.

A Empresa Ouro Branco iniciou as atividades de safra de 2003 e 2004 no mês de junho, operando em torno de doze horas diárias, consumindo 10.000 litros de efluente/hora, perfazendo um total de 120.000 litros de efluente/dia.

A Área Piloto foi biofertilizada com 7.200 m<sup>3</sup> de manipueira diluída e é foco de lançamentos dos efluentes líquidos da Fecularia Ouro Branco há mais de dez anos.

Devido ao recebimento excessivo de manipueira durante muito tempo, a área é considerada, sob o ponto de vista ambiental, bem alterada.

### **3.1.2 Área Testemunha**

A Área Testemunha compreende uma área de 2,0 hectares, localizada no município de Santa Rosa do Sul/SC, a uma distância de 200 m da Área Piloto.

A Área Testemunha recebeu fertilização com adubo e uréia na proporção 5:20:20 de N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O (16 sacos de 50 kg por hectares, sendo 10 de adubo e 6 de uréia), correspondendo ao de R\$ 796,00 por hectare.

### **3.1.3 Área Testemunha Absoluta**

A Área Testemunha Absoluta corresponde à área entre as Áreas Piloto e Testemunha, localizada no município de Santa Rosa do Sul, a uma distância de 100 metros entre elas.

A Área Testemunha Absoluta não recebeu nenhum tipo de fertilização (nem manipueira, nem adubação inorgânica).

### 3.2 Caracterização do efluente

Amostras do efluente lançado ao solo da Área Piloto foram coletadas em horários alternados, oito vezes durante o período matutino. As amostras foram misturadas, homogeneizadas e encaminhadas ao Laboratório de Águas e Efluentes Industriais do IPAT/UNESC (Instituto de pesquisa Ambiental e Tecnológica/ Universidade do Extremo Sul Catarinense) para caracterização físico-química.

Os parâmetros analisados foram: pH, cianetos, DQO, DBO, fósforo total, nitrogênio total, sólidos sedimentáveis e sólidos totais.

Os métodos analíticos utilizados nos ensaios realizados na amostra foram: potenciométrico (para o pH), espectrofotômetro com piridina (para cianetos), refluxo aberto com dicromato (para DQO), incubação a 20 °C (para DBO<sub>05dias</sub>), espectrofotômetro com ácido ascórbico (para fósforo total), volumétrico (para nitrogênio total) e cone Imnhoff (para sólidos sedimentáveis e sólidos totais).

Esses métodos seguem o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20ª Edição.

### 3.3 Disposição do efluente ao solo

Os efluentes foram dispostos ao solo da Área Piloto de forma escalonada, com distribuição uniforme, sobre solo arenoso. A aplicação da manipueira diluída se deu durante todo o período de safra (de junho a julho de 2003 e de 2004).

As safras de 2003 e de 2004 foram concluídas no final de julho de cada ano, com um tempo de operação de 60 dias e a liberação de aproximadamente 7.200 m<sup>3</sup> de efluente por safra, ou seja, 0,48 m<sup>3</sup> de efluente por metro quadrado de solo.

Na Área Piloto foram feitas valetas com cerca de 1,5 % de declividade para o transporte do efluente (a manipueira diluída). A manipueira chegou até as valas com auxílio de mangueiras de 50 mm.

A aplicação foi feita por inundação (**Figura 7**).



**Figura 7:** Aplicação da manipueira na Área Piloto. Santa Rosa do Sul/SC.

### **3.4 Poços de monitoramento**

Os poços de monitoramento foram construídos em PVC para demarcar o ponto de coleta das águas subterrâneas e evitar o fechamento destes pontos.

Foram construídos 3 poços de monitoramento com uma profundidade de 3,0 a 4,0 m na Área Piloto para avaliar as águas subterrâneas, sendo eles: PM1, PM2, PM3, distanciados 50,0 m entre si. O quarto poço de monitoramento (PM0) está localizado entre as Áreas Piloto e Testemunha, corresponde à Área Testemunha Absoluta e representa o ponto de captação de água usada pela empresa Ouro Branco para o processamento da mandioca (**Figura 8**).



**Figura 8:** Poço de monitoramento PM1 localizado na Área Piloto. Santa Rosa do Sul/SC.

### 3.5 Análise de água subterrânea

Amostras de águas subterrâneas foram coletadas nos meses de agosto de 2004 (logo após a safra 2004) e fevereiro de 2005 (antes da safra 2005), dos poços de monitoramento, com auxílio de uma bomba de sucção e imediatamente encaminhadas para análise no Laboratório de Águas e Efluentes Industriais do IPAT/UNESC.

Os parâmetros analisados foram: pH, DQO, DBO, fósforo total, nitrogênio total, sólidos sedimentáveis e sólidos totais.

Os métodos analíticos utilizados foram: potenciométrico (para o pH), refluxo aberto com dicromato (para DQO), teste DBO 05 dias (para DBO<sub>05dias</sub>), colorimétrico (para fósforo total), Macro Kjeldahl/Titولométrico (para nitrogênio total), cone Imhoff (para sólidos sedimentáveis) e gravimétrico (para sólidos totais).

Esses métodos seguem o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20ª Edição.

### 3.6 Análise de solo

As coletas para análise de solo foram feitas em 30 pontos diferentes na Área Piloto e em cada um dos pontos foram coletadas amostras em 3 níveis de profundidade: de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, conforme orientação “como coletar amostra de solo” contida nas embalagens de armazenamento de amostras da CIDASC (Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina). As amostras foram misturadas de acordo com os níveis de profundidade, homogeneizadas e encaminhadas ao Laboratório da CIDASC, ao qual pertence ao ROLAS (Rede Oficial de Laboratório de Análises de Solo).

As análises para o monitoramento do solo foram realizadas em dois períodos. A primeira análise, denominada SM1, foi realizada durante a aplicação da manipueira, início do mês de julho de 2003. E a segunda análise, denominada de SM2, foi realizada 150 dias após a primeira análise, final do mês de novembro de 2003.

Entre as áreas Piloto e Testemunha, foi coletada uma amostra para análise de monitoramento do solo, denominada SM0, que não recebeu adubação nem fertirrigação (Área Testemunha Absoluta). A coleta da amostra da SM0 obedeceu os mesmos critérios das coletas da SM1 e SM2.

Os parâmetros analisados foram: pH, textura, índice SMP, fósforo, potássio, matéria orgânica, alumínio, cálcio, magnésio, sódio, H + Al, capacidade de troca de cátions (CTC), entre outros.

Os métodos analíticos utilizados foram conforme Boletim Técnico nº 31 Emater, Paraná.

### **3.7 Plantio do Milho (*Zea mays*)**

A espécie cultivada nas áreas Piloto e Testemunha, após a biofertilização e adubação respectivamente, foi a *Zea mays*.

O período do plantio do milho nas áreas Piloto e Testemunha deram-se nos meses de agosto de 2003 e agosto de 2004. Para o plantio das sementes foram preparadas covas de 5,0 x 5,0 x 5,0 cm, com espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,50 m entre covas. Com o auxílio de uma semeadeira manual, foram colocados cerca de 3 grãos de milho por cova. Este procedimento foi adotado em ambas as áreas de estudo (Área Piloto e Área Testemunha).

#### **3.7.1 Safra 2003**



Na safra de 2003 foi efetuada a avaliação preliminar da produtividade do milho (em espigas). Os parâmetros analisados foram: comprimento, diâmetro e peso das espigas com e sem casca.

Foram colhidas aleatoriamente 30 espigas de milho em cada uma das áreas Piloto e Testemunha. Após a colheita, as espigas foram devidamente etiquetadas e, ainda com casca, determinou-se o comprimento, diâmetro e massa. Os mesmos parâmetros foram analisados para as espigas sem casca.

### **3.7.2 Safra 2004**

Na safra de 2004 foram avaliadas a produtividade do grão de milho e a massa seca da planta.

As áreas Piloto e Testemunha de plantio de milho foram divididas em 10 parcelas de 5,0 x 2,0 m, distribuídas aleatoriamente. A demarcação das parcelas foi feita com auxílio de trena e barbante.

Em cada uma das parcelas foi feito um levantamento para quantificar o número de plantas, plantas acamadas<sup>2</sup> e espigas. Foram escolhidas 10 plantas, aleatoriamente para cada uma das parcelas.

Após o corte das plantas escolhidas, foi medida altura da planta e altura da primeira espiga. Em cada uma das plantas foi colhido uma espiga, totalizando 10 espigas por parcela.

As espigas foram descascadas, ensacadas, etiquetadas e encaminhadas ao Laboratório de Química II da UNESC (Universidade do Extremo Sul Catarinense). As espigas foram secas em estufa 65° C durante 72 horas, depois foram debulhadas, pesadas e o percentual de umidade por parcela foi conferido.

As plantas, depois da medição, foram separadas de acordo com as parcelas, amarradas, etiquetadas, picadas e pesadas.

As amostras foram homogeneizadas, quarteadas e uma quarta parte de cada parcela foi separada, ensacada, etiquetada e encaminhada ao Laboratório de Química II da UNESC para análise de umidade e determinação da massa da parte aérea da planta. A secagem das plantas ocorreu em estufa durante 72 horas a 65° C.

---

<sup>2</sup> Plantas acamadas correspondem aquelas que são derrubadas pela ação das intempéries.

### **3.8 Análise Estatística**

Foram comparadas os resultados das médias das variáveis (Nº de espigas, Nº de plantas, acamamento, altura da planta, altura da espiga, massa da parte aérea e massa de grãos) nas duas Áreas (Piloto e Testemunha) através do teste *t* pelo nível de significância de 5,0 % ( $\alpha = 0,05$ ).

## IV RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados referentes a caracterização do efluente (manipueira), análises do solo, análises das águas subterrâneas além da produtividade do milho e massa seca da parte aérea das plantas (*Zea mays*).

### 4.1 Caracterização do Efluente

A **Tabela 2** apresenta os resultados da análise do efluente na fonte geradora. Os valores mostraram-se fora dos parâmetros máximos permitidos, com exceção do parâmetro Cianeto.

**Tabela 2:** Resultados referentes às análises do efluente bruto da Empresa Ouro Branco, Santa Rosa do Sul/SC e os valores máximos permitidos. Laboratório de Águas e Efluentes Industriais do IPAT/UNESC, 2003.

Parâmetro	Resultado	Máximo Permitido <sup>(1)</sup>	Min. Detectável
pH (23°)	3,6	6,0 a 9,0	0,1
Cianeto (mg.L <sup>-1</sup> )	< 0,05	0,2	0,05
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	7747	----	5,0
DBO <sub>05dias</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	5660	60,0	1,0
Fósforo total (mg.L <sup>-1</sup> )	36,8	1,0 <sup>(2)</sup>	0,1
Nitrogênio total (mg.L <sup>-1</sup> )	167,0	10,0 <sup>(2)</sup>	0,1
Sólidos sedimentáveis (mg.L <sup>-1</sup> )	48	1,0	0,1
Sólidos totais (mg.L <sup>-1</sup> )	6024	----	0,1

<sup>(1)</sup> Valores máximos permitidos segundo a Legislação Ambiental de Santa Catarina – Decreto Nº 14.259, de 05 de junho de 1989, Art. 19 – Emissão de Efluentes Líquidos.

<sup>(2)</sup> Nos lançamentos em trechos de corpos d'água contribuintes de lagoas, lagunas e estuários, além dos parâmetros anteriores, serão observados os limites máximos permitidos para os referidos parâmetros.

### 4.2 Análise do solo

A **Tabela 3** apresenta os resultados de análise de solo na Área Piloto após a aplicação de manipueira diluída, nos 3 níveis de profundidade: de 0-20, 20-40 e 40-60 cm. Os valores foram apresentados de acordo com os períodos de análise. A SM1, representou a primeira análise realizada durante a aplicação da manipueira e a SM2, representou a segunda análise realizada 150 dias após a SM1. Os valores foram comparados com as análises realizadas na SM0 (Área Testemunha Absoluta), sem aplicação de adubos e manipueira.

**Tabela 3:** Resultados da análise de solo nas Áreas Piloto e SM0<sup>a</sup> da Empresa Ouro Branco, Santa Rosa do Sul/SC. Os. Laboratório da CIDASC, Florianópolis/SC.

<b>Profundidade (cm)</b>	<b>0-20</b>			<b>20-40</b>			<b>40-60</b>		
	<b>SM0</b>	<b>SM1</b>	<b>SM2</b>	<b>SM0</b>	<b>SM1</b>	<b>SM2</b>	<b>SM0</b>	<b>SM1</b>	<b>SM2</b>
Textura (%arg.)	4	4	5	5	4	4	4	4	4
pH	6,0	4,7	4,7	5,4	5,0	4,8	5,4	5,3	4,7
Índice SMP	6,4	5,8	5,5	6,1	5,7	5,6	6,1	5,9	5,9
Fósforo (ppm)	3,4	37,4	50,0	3,7	13,2	35,9	3,4	5,1	9,7
Potássio (ppm)	52	166	165	51	177	250	58	184	205
Mat. Orgân.(%)	1,0	1,0	1,2	1,0	0,8	0,9	0,8	0,5	0,9
Alumínio (cmol/l)	--	1,3	1,2	0,3	1,0	1,0	0,4	0,8	1,2
Cálcio (cmol/l)	3,9	0,7	0,8	2,5	0,5	1,5	2,5	0,8	1,0
Magnésio (cmol/l)	1,6	0,3	0,8	1,3	0,2	1,5	1,4	0,2	0,9
Sódio- Na (ppm)	8	6	2	8	3	2	11	4	3
H+Al (cmol/l)	2,48	4,27	5,60	3,26	4,67	5,11	3,26	3,9	3,9
pH - CaCl <sub>2</sub> <sup>b</sup>	5,3	4,2	4,0	4,7	4,3	4,2	4,7	4,5	4,2
Soma de Bases - S <sup>b</sup> (cmol/l)	5,67	1,45	2,03	3,97	1,17	3,65	4,10	1,49	2,44
CTC <sup>b</sup>	8,15	5,72	7,63	7,22	5,84	8,76	7,35	5,39	6,34
Satur. de Bases - V <sup>b</sup> (%)	69,53	25,38	26,63	54,91	19,99	41,65	55,72	27,63	38,47

<sup>a</sup> SM0 corresponde a área sem aplicação de manipueira e adubo (Área Testemunha Absoluta).

**Observações:** Interpretação conforme recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 2 ed., SBCS – Núcleo Regional Sul/ EMBRAPA – CNPT, 1989.

<sup>b</sup> Para as determinações pH – CaCl<sub>2</sub>, S, CTC, V, conforme Boletim Técnico nº 31 – Emater; Paraná.

### 4.3 Análise das águas subterrâneas

As **Tabelas 4 e 5** apresentam os resultados das análises das águas subterrâneas da Empresa Ouro Branco, Santa Rosa do Sul/SC. Os poços de monitoramento PM1, PM2 e PM3, localizados na Área Piloto que foi biofertilizada e o poço de monitoramento PM0 (Área Testemunha Absoluta), localizado em uma área que não recebeu nenhum tipo de fertilizante.

**Tabela 4:** Resultados das análises de águas subterrâneas da primeira amostragem realizadas nos poços de monitoramentos PM0, PM1, PM2 e PM3, no mês de agosto de 2004. Laboratório de Águas e Efluentes Industriais do IPAT/UNESC.

Parâmetro	Resultados				Mínimo detectável
	PM0	PM1	PM2	PM3	
pH (20,0 °C)	4,8	6,8	7,6	4,7	0,1
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	< 0,5	111,0	122,7	4441,4	0,5
DBO <sub>(5dias)</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	<1,0	51,0	27,0	1817,0	1,0
Fósforo total (mg.L <sup>-1</sup> )	< 0,1	0,2	0,2	12,0	0,1
Nitrogênio total (Kjeldahl) (mg.L <sup>-1</sup> )	0,4	2,8	8,0	112,4	0,1
Sólidos sedimentáveis (mg.L <sup>-1</sup> )	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Sólidos totais (mg.L <sup>-1</sup> )	30,0	291,0	998,0	1761,0	1,0

*Observações:* Para realização das análises as amostras foram filtradas em papel filtro com porosidade de 28 µm.

Para análise de fósforo total, as amostras foram filtrada em membrana com porosidade de 0,45 µm.

**Tabela 5:** Resultados das análises de águas subterrâneas da segunda amostragem realizadas nos poços de monitoramentos PM0, PM1, PM2 e PM3, no mês de fevereiro de 2005. Laboratório de Águas e Efluentes Industriais do IPAT/UNESC.

Parâmetro	Resultados				Mínimo detectável
	PMO	PM1	PM2	PM3	
pH (20,0 °C)	4,8	6,6	6,8	7,5	0,1
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	< 0,5	91,4	132,2	97,2	0,5
DBO <sub>(5dias)</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	<1,0	--	--	--	1,0
Fósforo total (mg.L <sup>-1</sup> )	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,3	0,1
Nitrogênio total (Kjeldahl) (mg.L <sup>-1</sup> )	0,4	7,5	3,8	63,9	0,1
Sólidos sedimentáveis (mg.L <sup>-1</sup> )	< 0,1	< 0,1	0,7	< 0,1	0,1
Sólidos totais (mg.L <sup>-1</sup> )	30,0	455,0	825,0	375	1,0

*Observações:* Para realização das análises as amostras foram filtradas em papel filtro com porosidade de 28 µm.

Para análise de fósforo total as amostras foram filtrada em membrana com porosidade de 0,45 µm.

(--) Não foi possível realizar análise de DBO, devido à presença de cloretos na amostra.

#### 4.4 Produtividade do milho e massa da parte aérea da planta

##### 4.4.1 Safra 2003

Os resultados referentes ao comprimento, diâmetro e peso das espigas correspondentes à safra de 2003 estão relacionados na **Tabela 6**. Foi observado que as espigas cultivadas na Área Piloto tiveram um ganho médio de comprimento, diâmetro e peso maior se comparados com as espigas cultivadas na Área Testemunha.

**Tabela 6:** Média dos resultados de pesos e medidas das espigas amostradas na Área Piloto comparadas com as espigas da Área Testemunha. Safra 2003.

Pesos e medidas	Área Piloto (n=30) <sup>c</sup>	Área Testemunha (n=30) <sup>c</sup>	Ganho Médio (%)
Comprimento (cm)	23,60	20,30	13,98
Diâmetro (cm)	15,34	14,03	8,54
Peso (g)	285,00	217,00	23,86

<sup>c</sup> Número de espigas amostradas

Os resultados obtidos nesta safra (2003) foram promissores, sugerindo fortemente que o uso de manípueira aumenta a produtividade do milho. Assim, um estudo mais aprofundado, visando quantificar este possível ganho, foi efetuado em 2004, agora empregando-se uma metodologia mais acurada.

#### 4.4.2 Safra 2004

A **Tabela 7** apresenta os resultados referentes à produtividade do milho e massa da parte aérea, obtidos na safra de 2004, nas áreas Piloto e Testemunha respectivamente. Foi observado que os frutos colhidos na Área Piloto se encontravam mais desenvolvidos e sadios quando comparados aos frutos da Área Testemunha.

Os grãos apresentaram maior produtividade por parcela e a massa da parte aérea também se apresentou com grande vantagem em relação à Área Testemunha.

**Tabela 7:** Resultados referentes à produtividade do milho e massa da parte aérea da planta nas áreas Testemunha e Piloto. Safra 2004. Laboratório de Química II da UNESC.

Variável	Testemunha	Piloto	Teste <i>t</i>
Nº Espigas	57,6	54,6	NS
Nº Plantas	59,2	58,1	NS
Acamamento	0	0	NS
Altura da planta (m)	2,16	2,68	Significativo 1 %
Altura da espiga (m)	1,12	1,44	Significativo 1 %
Massa parte aérea (kg)	10,50	11,13	Significativo 5 %
Massa grãos (13% umidade) (kg)	353,80	470,81	Significativo 5 %

*Observação:* As variáveis: altura da planta, altura da espiga, massa da parte aérea e massa de grão apresentaram diferenças estatísticas para o nível de significância de 5% pelo Teste *t*.

## V DISCUSSÃO

A industrialização da mandioca é uma das atividades que contribui para aumentar o risco de impactos ambientais na região do extremo sul catarinense, podendo gerar quantidades significativas de resíduos e efluentes. Esses efluentes, com alto potencial poluidor não dispõem de tratamento adequado, razão pela qual tais efluentes são depositados, na maioria dos casos, em tanques escavados no solo, geralmente sem impermeabilização, contaminando as águas subterrâneas, na medida que, nesses solos, a facilidade de lixiviação é grande ou, então, encaminhadas diretamente para cursos d'água. Ainda, estes efluentes são também ricos em outros nutrientes, provocando a eutrofização das águas naturais em que aportam (MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2004).

Embora esta atividade seja antiga, só recentemente é que se passou a dar atenção ao problema. Portanto, é necessário estabelecer formas de aproveitamento destes resíduos e efluentes contribuindo para aumentar a competitividade da cadeia produtiva de espécies, em consonância com os princípios e objetivos do desenvolvimento sustentável, tendo em vista que a geração de resíduos pelo homem é um dos fatores que mais contribui para a degradação do meio ambiente, como poluição das reservas hídricas e do solo.

A caracterização físico-química do efluente apresentou os seguintes resultados: pH (23° C): 3,6; Cianeto: < 0,05 mgL<sup>-1</sup>; DQO: 7.747,00 mgL<sup>-1</sup>; DBO<sub>05dias</sub>: 5.660,00 mgL<sup>-1</sup>; Fósforo total 36,80 mgL<sup>-1</sup>; Nitrogênio: 167,00 mgL<sup>-1</sup>; Sólidos sedimentáveis: 48,00 mgL<sup>-1</sup>; Sólidos totais: 6.024,00 mgL<sup>-1</sup>.

Com base nos resultados obtidos neste trabalho pode-se afirmar que o pH do efluente, que é significativamente baixo em relação ao valor máximo permitido que se encontra na faixa de 6,0 a 9,0. O pH é um parâmetro importante que foi observado nos efluentes, pois, em vista da fermentação dos resíduos, pode ocorrer a formação de CO<sub>2</sub>, ácidos orgânicos, acético e láctico, contribuindo para seu abaixamento e produzindo fortes odores (FERNANDES JUNIOR e TAKAHASHI, 1994), como também podendo afetar a qualidade do ecossistema.

O cianeto (CN<sup>-</sup>) é outro componente importante observado no efluente, pois, além de ser um dos venenos produzidos, e, apesar de volátil, pode dissociar-se quando dissolvido em águas com pH igual ou maior que 8,0 formando HCN ou cianeto livre (FIORETTO, 2001). Esse fato poderia explicar o resultado do parâmetro cianeto neste estudo, ter se apresentado muito baixo (<0,05 mgL<sup>-1</sup>),



motivo pelo qual, ficou dentro dos valores máximos permitido por lei ( $0,2 \text{ mgL}^{-1}$ ), pois o pH do meio se encontra bem abaixo de 8,0 (3,6), motivo pelo qual não houve a formação do íon cianeto. Pode-se afirmar ainda, que o valor de pH do ambiente, entre outros fatores, é muito importante para que ocorra ou não intoxicação, uma vez que pode interferir na velocidade das reações do metabolismo de seres vivos (CEREDA, 2001).

Uma outra possibilidade que justificaria o baixo teor de cianetos encontrados neste trabalho, pode ser explicada pelo desenvolvimento microbiano em substrato contendo cianeto, por possuírem metabolismo anaeróbio, metabolismo alternativo à cadeia respiratória ou serem capazes de destoxicar o cianeto pela cisão do radical em carbono e nitrogênio, o que explicaria em parte o efeito de adubo dos despejos de água residual de processamento de mandioca (CEREDA, 2001).

Entretanto, outros autores obtiveram valores bem mais elevados que os deste estudo. Takahashi (1997) afirma que, na fabricação do polvilho, a água residual é menos concentrada que os despejos das indústrias de farinha, mas também se mostra problemática pelo agravante do seu volume ser ampliado pela adição da água para separação do polvilho. Este fato pode estar associado à presença do cianeto em pequena concentração ( $<0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ ). Estudos posteriores poderão elucidar estas observações.

Os resultados apresentaram também, altos valores de DQO e DBO no efluente analisado, 7.747,00 e 5.660,00  $\text{mg.L}^{-1}$  respectivamente. Alguns autores afirmam que a DQO da manipueira é elevado. Os valores encontrados na bibliografia ficam em torno de  $6.280 \text{ mg L}^{-1}$  confirmando assim este resultado. As altas demandas de DQO e DBO podem representar riscos à fauna e à flora, às águas de superfície e as águas subterrâneas (GABARDO et al, 1981).

A presença de altas concentrações de fósforo (P) e nitrogênio (N), 36,8 e 167,0  $\text{mg.L}^{-1}$  respectivamente, observadas no efluente, são indicativos de que a manipueira pode ser utilizada como um biofertilizante.

Quanto aos valores de sólidos sedimentáveis e sólidos totais, ambos apresentaram-se fora dos valores máximos permitidos por Lei, ou seja, 48,0 e 6.024  $\text{mg.L}^{-1}$  respectivamente. Na bibliografia estes valores encontram-se em torno de 11,0 e 5.800,00  $\text{mg.L}^{-1}$  respectivamente. Contudo o teor de sólidos podem ser reduzidos a valores bem abaixo dos limites permitidos por Lei empregando-se meios físicos e biológicos usando lagoa de estabilização, conforme observado num

estudo preliminar, entretanto estes resultados não serão apresentados neste trabalho.

Com base nos resultados de fósforo total e nitrogênio total encontrados no efluente sustenta a potencialidade do composto como bioadubo. Outros elementos como potássio, nitrogênio, magnésio, fósforo, cálcio, enxofre, além de ferro e micronutrientes em geral, presentes na composição química da manipueira reforçam sua aplicação como biofertilizante.

A utilização da manipueira como fertilizante é uma alternativa interessante para o reaproveitamento agrícola, pela possibilidade de transformar um resíduo problemático em um insumo orgânico para cultivar espécies, pela economia na composição de solução fertilizante e pela redução de impactos ambientais.

É consenso por parte dos pesquisadores de que há muito a estudar sobre o uso dos resíduos da indústria de mandioca, principalmente os efluentes. Os parâmetros analisados neste estudo mostraram que os efluentes oriundos do processo de industrialização da mandioca apresentaram-se acima dos valores máximos permitidos por Lei (para lançamentos em corpos d'água), com exceção do parâmetro Cianeto. Os resultados deste trabalho confirmaram estudos realizados em outros estados e também na região, demonstrando que contaminantes como o HCN (ácido cianídrico), são capazes de reduzir a carga de poluentes já na saída da planta industrial, em função de sua volatilidade (MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2004).

Quanto à caracterização físico-química das águas subterrâneas observa-se a partir da Tabela 5, que os valores do pH para poços de monitoramento da Área Piloto (PM1, PM2 e PM3) apresentaram valores superiores em relação ao encontrado no poço de monitoramento da Área Testemunha Absoluta (SM0). Estes valores, entretanto, encontram-se abaixo do descrito por Fioretto que afirma o que íon cianeto pode dissociar-se quando dissolvido em águas com pH igual ou maior que 8,0 formando HCN ou cianeto livre. Os demais parâmetros analisados, exceto sólidos sedimentáveis, apresentaram aumentos significativos de DQO, DBO, Fósforo, Nitrogênio e Sólidos totais na área piloto, comparados com a Área Testemunha Absoluta (PM0), isto é um forte indicativo que o lançamento do efluente nas condições empregadas neste estudo, indicam contaminação do mesmo. Vale lembrar que a Área Piloto é foco de lançamento deste efluente a mais de dez anos, o que, possivelmente justificaria estes resultados altos devido ao efeito acumulativo.

A fertirrigação com manipueira é um processo possível, embora possa ocorrer o risco de contaminação das águas subterrâneas. O solo pode absorver bem as águas servidas nos meses secos, período em que se encontra a maior produção de mandioca industrial, coincidindo com uma época de menor precipitação pluviométrica em que a baixa vazão dos cursos d'água podem acentuar os efeitos de contaminação dos mesmos (FIORETTO, 2001).

Com relação ao solo, observou-se incremento discreto no teor de matéria orgânica na camada de 0 a 20 cm. Uma vez que o teor de matéria orgânica está associado ao teor de nitrogênio e o efluente lançado na Área Piloto apresenta altos valores deste nutriente, pode-se explicar esta diferença na relação matéria orgânica no solo e no efluente com base no fato de que microorganismos presentes no solo podem estar consumindo o nitrogênio como fonte de energia. Convém lembrar que a matéria orgânica pode ser lábil.

Os teores de P, K e Al aumentaram consideravelmente nas camadas de 0-20 e 20-40 e 40-60 em função da aplicação da manipueira (SM1 e SM2) comparadas com a área sem aplicação (SM0). Possivelmente, o aumento na disponibilidade de P e K possibilitou um maior desenvolvimento das plantas e frutos do milho conforme será discutido adiante.

Observa-se que o pH do solo na Área Piloto baixou em todas as camadas analisadas, em relação à Área Testemunha Absoluta (SM0), isto é, sem aplicação de manipueira. Contudo, o pH das águas subterrâneas apresentaram valores elevados.

Os baixos teores de Ca, Mg e Na encontrados no solo biofertilizado, provavelmente deve-se aos mesmos estarem sendo lixiviados pelos ácidos orgânicos. O Cálcio pode ainda estar sendo incorporado por microrganismo.

Levando em conta os resultados que indicam uma diminuição da CTC na Área Piloto quando comparado com a Área Testemunha Absoluta (SM0), é possível explicar a diminuição no teor de matéria orgânica (camada 20 a 40 e 40 a 60 cm) e no pH do solo. Isto explica em parte a diferença de pH no solo em relação as águas subterrâneas discutidas acima. Parte do nitrogênio não absorvido pode estar sendo carregado pelas chuvas. O nitrogênio convertido na forma de nitratos solúveis e em contato com as águas subterrâneas, rios e lagoas, pode causar problema grave de saúde pública.

Sabe-se que a capacidade de acumulação do N nos solos é limitada, principalmente pela baixa capacidade de troca catiônica (CTC) existente nos solos

brasileiros. A manipueira aplicada no solo influi no equilíbrio iônico (FIORETTO, 2001). Isto pode ser a explicação razoável para a pequena variação de matéria orgânica observada na Área Piloto em relação à Área Testemunha Absoluta.

Fioretto aplicou manipueira no solo e observou um acréscimo nas concentrações dos elementos no solo. A predominância do íon potássio entre os constituintes minerais tem implicação direta no desequilíbrio dos cátions básicos no solo, devido ao aumento de saturação desse elemento e da predisposição à lixiviação de cálcio e magnésio. Assim se faz necessário o monitoramento da fertilidade do solo, antes e após a aplicação da manipueira. A ação residual da dinâmica dos cátions adsorvidos está diretamente ligada a dois fatores importantes: a precipitação pluviométrica após a aplicação e a dosagem utilizada (FIORETTO, 2001).

Com relação a produtividade do milho cultivado em área biofertilizada com manipueira em relação ao milho cultivado em área adubada com adubo inorgânico mostrou resultados interessante e promissores. Além do aumento de produtividade de grãos e frutos mais saudios, as plantas apresentaram crescimento e massa da parte aérea significativamente superiores, em confronto com milho cultivado em solo adubado (Área Testemunha) indicando o aproveitamento da manipueira como biofertilizante e inseticida orgânico. Vietes e Brinholi apud BIANCHI, 1998, constataram que a adição da manipueira nas doses de 80 m<sup>3</sup>/ha, em adubação de plantio, entre vinte e cinco e quarenta e um dias e entre quarenta e um e cinquenta e cinco dias, na cultura da mandioca, aumentava a produtividade das raízes. Com a mesma dose de plantio, adicionada de 40 m<sup>3</sup>/ha de manipueira, aumentava a capacidade de brotação.

Tem sido observado que o cultivo de mandioca em solo com excesso de N, acarreta no crescimento da biomassa na parte aérea, aumentando em muito o índice de área foliar, resultando numa produção de raiz muito pequena. É prática comum, em solo com elevado teor de matéria orgânica, primeiramente cultivar o milho ou outro cereal que não apresente problema ao ser cultivado com excesso de N, para depois o cultivo da mandioca. O crescimento da parte aérea poderá sofrer influencia da distancia entre plantas, portanto é necessário dimensionar o espaçamento a ser utilizado em função do teor de matéria orgânica existente no solo. O K está associado ao transporte do produto da fotossíntese, carboidratos e a produção de amido. Sua presença é fundamental no rendimento das raízes e no conteúdo de matéria seca total (FIORETTO, 2001).

Neste estudo, As variáveis: altura da planta, altura da espiga, massa da parte aérea e massa de grãos apresentaram diferenças estatísticas para o nível de significância de 5 % pelo teste *t*. Conforme pode ser observado nos resultados mostrados na Tabela 7.

Com relação ao número de espigas, número de plantas e acamamento, não houve variação significativa.

## VI CONCLUSÕES

Conforme os resultados obtidos neste estudo, o uso de manipueira como biofertilizante no cultivo do milho demonstra que:

- ✓ A composição química da manipueira sustenta a potencialidade do composto como biofertilizante, haja vista sua riqueza em potássio, nitrogênio, magnésio, fósforo, cálcio, enxofre, além de ferro e micronutrientes em geral.
- ✓ Este trabalho aponta para os riscos de contaminação das águas subterrâneas, em função das alterações observadas nos parâmetros físico-químicos das mesmas, que indicam a necessidade de um pré-tratamento deste efluente antes da aplicação.
- ✓ Neste estudo a quantidade de manipueira aplicada foi excessiva.
- ✓ O solo apresentou significativa melhoria na sua fertilidade em função da aplicação da manipueira. O incremento de fósforo e potássio, demonstrou um aumento significativo na produtividade do milho e massa da parte aérea da planta, indicando o efluente como biofertilizante.
- ✓ Finalmente fica evidenciado que, a utilização da manipueira como fertilizante é uma alternativa interessante para o reaproveitamento agrícola, pela possibilidade de transformar um efluente em um insumo orgânico para cultivar espécies, pela economia na composição de solução fertilizante e pela redução de impactos ambientais, desde que respeitadas as doses ideais para cada solo e cultura.
- ✓ Deve-se investigar a dose ideal a ser aplicada para cada solo e cultura.
- ✓ Fazer rotatividade de cultura em área biofertilizada com manipueira.

## VII – PERSPECTIVAS

Como este estudo foi pioneiro no que se refere a investigação dos efeitos da manipueira no solo e nas águas subterrâneas, sugere-se a continuidade do mesmo empregando-se um pré-tratamento da manipueira em lagoas de estabilização para posteriormente utilizar o método fertirrigação em solos que ainda não receberam este efluente, investigando seus efeitos somente no solo e nas águas subterrâneas, uma vez que já é sabido e comprovado por diversos estudos realizados, que em relação ao aumento de produtividade de espécies cultivadas em áreas biofertilizadas com manipueira, comprovaram sua eficiência.

Um estudo preliminar demonstrou que, em relação ao tratamento em lagoas de estabilização, os efluentes tratados apresentaram melhorias consideráveis em relação a diversos parâmetros físico-químicos, tais como DBO e DQO. Os sólidos sedimentáveis foram reduzidos a teores inferiores a 0,1 mg/l, ou seja, redução de aproximadamente 100%. Após tratamento, não houve redução significativa nos teores dos principais nutrientes.

Levando-se em conta que o pré tratamento destes efluentes em lagoas de estabilização antes da aplicação têm mostrado que, além de não reduzir os teores dos principais nutrientes, reduz significativamente alguns contaminantes podendo diminuir os riscos de contaminação das águas subterrâneas e ainda não perder seu efeito fertilizante, vem justificar ainda mais a sugestão aqui indicada.

## VIII REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANTE, E.R. **Proposições metodológicas para minimização de resíduos de fecularias e das indústrias processadoras de aves, suínos e pescados do estado de Santa Catarina**. Tese de Doutorado. Florianópolis: UFSC, 1997.

ANRAIN, E. **Estudo sobre aplicabilidade de reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo no tratamento de efluentes de fecularia**. Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia. São Carlos: USP, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AMIDO DA MANDIOCA. **Processo de fabricação de amido**. Paranaíba, 1999.

BRANCO, S.M. Investigation on biological stabilisation of toxic wastes from manioc processing. **Prog. Wat. Tech.** 11(6), 1979. p. 51 – 143.

BRANCO, S.M.; HESS, M.L. Tratamento de resíduos. In: AQUARONE, E.; BORZANI, W.; LIMA, U.A. **Biotecnologia** – tópicos de microbiologia industrial. São Paulo: Edgard Blucher, 1975. p. 47 – 76.

BRASIL. Ministério Público do Estado de Santa Catarina. Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente. **Termo de Ajustamento de Conduta – TAC**. Florianópolis: Procuradoria Geral de Justiça, 2004.

CABRAL JUNIOR, D. **Fecularia de mandioca – Industrialização e despejos**. São Paulo Secretaria de Serviços e Obras Públicas – FESB, 1971.

CAGNON, J.R.; CEREDA, M.P.; PANTAROTTO, S. Glicosídeos cianogênicos da mandioca: biossíntese, distribuição, destoxificação e métodos de dosagem. In: CEREDA, M.P (coord): **Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Vol II. São Paulo: Fundação CARGILL, 2002. p.83 - 99.

CARDOSO, C.E.L. **Aspectos agroeconomicos da cultura de mandioca: potencialidades e limitações**. Petrolina, 1996.

CARDOSO, C.E.L.; SOUZA, J.S. Importância, potencialidades e perspectivas do cultivo da mandioca na América Latina. In: CEREDA, M.P (coord): **Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Vol II. São Paulo: Fundação CARGILL, 2002. p.29 - 47.

CARVALHO, F. C. **Disponibilidade de resíduos agro-industriais e do beneficiamento de produtos agrícolas. Informações Econômicas**. 1992.

CEREDA, M. P. Caracterização dos subprodutos da industrialização da mandioca. In: CEREDA, M.P (coord): **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. Vol IV. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p.13 – 37.

CEREDA, M.P (coord). **Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil**. São Paulo: Paulicéia, 1994.



CEREDA, M.P.; CATANEO, A. Avaliação de parâmetros de qualidade da fécula fermentada de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas. V.5, n.1, p.55-62. 1986.

DALLAQUA, Marina A. de Moraes; CORAL, Dorival José. Morfoanatomia. In: CEREDA, M.P (coord): **Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Vol II. São Paulo: Fundação CARGILL, 2002. p.48 – 65.

DAMASCENO, S.; CEREDA, M.P.; et al. Production of volatile by *Geotrichum fragrans* using cassava wastewater as substrate. **Process Biochemistry**, 2003. p.411 - 414.

DORETTO, M. **Distribuição da cultura da mandioca no Paraná nos anos 80**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1993.

FAO. **La economia mundial de la yuca**. Roma: FAO/FIDA, 2000.

FERNANDES JÚNIOR, A. Tratamentos físicos e biológicos da manipueira. In: CEREDA, M.P (coord): **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. Vol IV. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p.138 - 150.

FERNANDES JÚNIOR, A; TAKAHASHI, M. Tratamentos da manipueira por processos biológicos – Aeróbios e Anaeróbios. In: CEREDA, M.P (coord): **Resíduos da industrialização da mandioca no Brasil**. São Paulo: Paulicéia, 1994. p. 133 - 149

FIORETTO, R. A. **Aplicação da água de prensagem da mandioca como herbicida e fertirrigação**. Curitiba, PR, 1986. (Trabalho não publicado).

FIORETO, R. A. **Proposta de estudo para definição de parâmetros agrônômicos regionais visando avaliar as possibilidades e limitações da manipueira como fertirrigação**. Curitiba, PR: 1994. (Trabalho não publicado).

FIORETTO, R.A. Uso direto da manipueira em fertirrigação. In: CEREDA, M.P (coord): **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. Vol IV. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p.67 – 79.

FOWLER, R. B. et al. **Diagnóstico ambiental: disposição no solo de efluentes líquidos das indústrias de beneficiamento de mandioca no Paraná**. Curitiba: 1997.

FRANCO, A.; PONTE, J.J. Subsídios à utilização da manipueira como nematicida: dosagem e interferência na fertilidade do solo. **Nematol. Brás.**, Piracicaba, vol 12, 1988. p. 35 – 45

GABARDO, M.T. **Diagnóstico ambiental: disposição no solo de efluentes líquidos das indústrias de beneficiamento de mandioca no Paraná**. Curitiba, PR: 1981.

GROXKO, M. Mandioca. In: **Acompanhamento da situação agropecuária no Paraná**. Curitiba, PR:Seab/Deral, 1999. p. 39 - 45

HESS, M. L. Tratamento de despejos de fecularias de mandioca por oxidação biológica. São Paulo: **Rev. D.A.E.**, 1962. p. 29 – 35.

INSTITUTO AGRONOMICO. Toxidade da mandioca, resíduos de fabricação de farinha de mandioca, utilização, tratamento e eliminação de resíduos. **Parecer Técnico**. Campinas: 1989.

JÚNIOR, A. F. **Caracterização de indústria de farinha de mandioca**. São Paulo: Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico – CETESB, 1994.

KATO, M.S.A.; SOUZA, S.M. Conservação de raízes após colheita. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, V.13, n 145, p. 9-11, 1987.

LAVINA, M. L. **Análise do setor de polvilho no extremo sul de Santa Catarina**. Florianópolis: 1998. (Trabalho não publicado).

LAVINA, M. L. **Cadeia produtiva da mandioca**. Santa Catarina: EPAGRI, 1996. p.1-33 (Trabalho não publicado).

LIMA, José Wilson Cavalcante. **Análise ambiental do processo produtivo de polvilho em indústrias do Extremo Sul de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 2001.

MARCON, M.J.A. **Avaliação do processo produtivo para a melhoria da qualidade do polvilho azedo**. Dissertação de Mestrado em Ciência Amido é um carboidrato complexo, que dá origem a uma grande variedade de derivados, utilizados com diferentes usos (VILPOUX et al., 1996). dos Alimentos. Florianópolis: UFSC, 2004.

MATTOS, P.L.P. de; GOMES, J.C.; FARIAS, A.R.N.; FUKUDA, C. Cultivo da mandioca nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. In: CEREDA, M.P (coord): **Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Vol II. São Paulo: Fundação CARGILL, 2002. p.274 - 301

MOTTA, L.C. **Utilização de resíduos de industrialização de farinha de mandioca em digestão anaeróbia**. Tese de Mestrado da Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu: UNESP, 1986.

NORMANHA, E.S. **Derivados da mandioca: terminologia e conceitos**. Campinas: Fundação Cargill, 1982.

OKE, O.L. The role of hydrocyanic acid in nutrition. **World Rev. Nutr. Dietetics**, v. 11, 1969. p. 170 - 198.

PANTAROTO, S; CEREDA, M.P. Linamarina e sua decomposição no ambiente. In: CEREDA, M.P (coord): **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. Vol IV. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p.38 - 47.

PENTEADO, M.V.C; FLORES, C.I.O. Folhas de mandioca como fonte de nutrientes. In: CEREDA, M.P (coord): **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. Vol IV. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p.49 – 65.

PIZA, Isabela Miranda de Toledo; PINHO, Regina Smith. Protocolo de micropropagação da mandioca. In: CEREDA, M.P (coord): **Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Vol II. São Paulo: Fundação CARGILL, 2002. p.179 – 186.

PONTE, J. J. da; FRANCO, A.; SANTOS, J. H. R. Teste preliminar sobre a utilização da manipueira como inseticida. **Rev. Brasileira Mand.**, Cruz das Almas, 7 (1): 89 – 90, junho, 1988.

PONTE, J.J. da. Histórico das pesquisas sobre a industrialização da manipueira (extrato líquido das raízes de mandioca) como defensivo agrícola. **Fitopatol. Venez.** 5(1), 1992. p.2 – 5.

PONTE, J.J. da. HOLANDA, Y.C.A.; ARAGÃO, M.L.; SILVEIRA FILHO, J. Ensaio preliminar sobre a utilização da manipueira (extrato líquido da raiz da mandioca) como fertilizante foliar. **Rev. Agric** Vol 72, n.1, Piracicaba, 1997. p.63 – 68.

RODRIGUES, A. de A.; CAMPOS, O.F. de. Resíduos industriais da raiz da mandioca na alimentação de bovinos. In: CEREDA, M.P (coord): **Manejo, Uso e Tratamento de Subprodutos da Industrialização da Mandioca**. Vol IV. São Paulo: Fundação CARGILL, 2001. p. 240 – 258.

SAGRILLO, Edvaldo; VIDIGAL FILHO, Pedro Soares; PEQUENO, Manoel Genildo. Épocas de colheita de parte aérea e de raízes tuberosas de mandioca. In: CEREDA, M.P (coord): **Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Vol II. São Paulo: Fundação CARGILL, 2002. p.384-412.

SOUZA, S.S.da; JUNGHANS, G.T.; FUKUDA, G.M.W. Técnicas e aplicações da cultura de tecidos em mandioca. In: CEREDA, M.P (coord): **Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Vol II. São Paulo: Fundação CARGILL, 2002. p.118-178.

TAKAHASHI, M. **Aproveitamento da manipueira e de resíduos do processamento da mandioca**. Informe Agropecuário. Belo Horizonte. V.13, n 145, 1987. p 83-87.

TAKAHASHI, M.; CEREDA, M.P. Métodos de avaliação do rendimento de manipueira na produção de metano. In: **Congresso Brasileiro de Mandioca 4.**, Balneário Camboriú, 1986.

TERNES, M. Fisiologia da planta. In: CEREDA, M.P (coord): **Agricultura: Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. Vol II. São Paulo: Fundação CARGILL, 2002. p.66 – 82.

VILPOUX, O. **As indústrias de mandioca nos Estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais**. Botucatu: CERAT/UNESP, 1998.

VILPOUX, O.; CEREDA, M. P. DA SILVA, A. P. P. **O Mercado de amido no Brasil**. Boletim Técnico I. São Paulo: CERAT/UNESP, 1996.

YARI, S. **Caracterização do processamento de farinhas de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) da Região Sul de Santa Catarina, quanto aos efeitos sobre**

**as propriedades físico-químicas, microbiológicas e microscópicas.**  
Dissertação de Mestrado em Ciências dos Alimentos. Florianópolis: UFSC, 1999.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)